

**TRAVAUX  
ET DOCUMENTS  
DE L'O.R.S.T.O.M.**

**BIOLOGIE ET DYNAMIQUE  
DES POPULATIONS  
D'ALESTES BAREMOZE (PISCES, CHARACIDAE)  
DU BASSIN TCHADIEN**



*Jean René DURAND*



## ÉDITIONS DE L'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

### RENSEIGNEMENTS, CONDITIONS DE VENTE

Pour tout renseignement, abonnement aux revues périodiques, achat d'ouvrages et de cartes, ou demande de catalogue, s'adresser au :

SERVICE DES PUBLICATIONS DE L'ORSTOM  
70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY (France)

- Tout paiement sera effectué par chèque bancaire barré ou par C. C. P., au nom du Service des Publications ORSTOM-C. C. P. : 22.272-21 Y PARIS.
- Achat au comptant possible à la bibliothèque de l'ORSTOM, 24, rue Bayard, 75008 PARIS.

### I - CAHIERS ORSTOM

BIOLOGIE  
ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET PARASITOLOGIE  
HYDROBIOLOGIE  
HYDROLOGIE

Océanographie  
PÉDOLOGIE  
SCIENCES HUMAINES

<i>séries trimestrielles</i>	Abonnement :	<i>France</i> 120 F.	36,30 US dollars
		<i>Etranger</i> 156 F.	
GÉOLOGIE - <i>série semestrielle</i>	Abonnement :	<i>France</i> 96 F.	28,00 US dollars
		<i>Etranger</i> 120 F.	

### II - BULLETIN ANALYTIQUE D'ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET VÉTÉRINAIRE

12 numéros par an (15 fascicules)	Abonnement :	<i>France</i> 115 F.	30,25 US dollars
		<i>Etranger</i> 130 F.	

*Nous vous rappelons, dans la Collection «Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M.» :*

n° 83

**LE RÉGIME DE LA LAGUNE ÉBRIË (Côte d'Ivoire) .**

Traits physiques essentiels.

François VARLET

2 vol. 21x27. I : 164 p. ; II : 110 fig. - ISBN 2-7099-0495-0 t.t.c. F. 110.00.

TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'O.R.S.T.O.M.

N° 98

O.R.S.T.O.M.

PARIS

1978

**BIOLOGIE ET DYNAMIQUE**  
**DES POPULATIONS D'*ALESTES BAREMOZE* (*PISCES, CHARACIDAE*)**  
**DU BASSIN TCHADIEN**

par

**Jean René DURAND**

**O.R.S.T.O.M.**  
**PARIS**  
**1 9 7 8**



*Cet ouvrage a fait l'objet d'une thèse soutenue le 29 septembre 1978  
à l'Université Pierre et Marie Curie - Paris VI,  
et au Muséum National d'Histoire Naturelle  
pour l'obtention du grade de Docteur ès-Sciences Naturelles*

---

.....

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que  
«les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une  
«utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et  
«d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de  
«l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une  
«contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal».

.....

## REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements aux Professeurs P.BOUGIS, P.FRANÇOIS et M.LAMOTTE ainsi qu'à Messieurs J.C.HUREAU et G.LOUBENS qui ont accepté de juger cette étude.

Ma gratitude particulière va à Monsieur le Professeur DAGET qui a été à l'origine de ce travail, m'a fait bénéficier de son expérience et de ses critiques et m'a accueilli dans son laboratoire du Muséum ainsi qu'à G.LOUBENS qui m'a initié aux pêches continentales.

Je tiens à remercier aussi Messieurs M.DELAIS et A.CROSNIER, Présidents successifs du Comité Technique d'Océanographie et Hydrobiologie de l'O.R.S.T.O.M. avec qui j'ai eu le plaisir de travailler directement durant près de quatre années. Ils m'ont toujours donné toutes facilités pour mener conjointement la rédaction de ce mémoire et les activités qui étaient les miennes à leurs côtés.

L'aboutissement d'un travail de cette nature est inconcevable sans de multiples collaborations de tous ordres qui vont du travail de terrain aux discussions fondamentales en passant par dépouillements et calculs souvent fastidieux, traitements informatiques et critiques de manuscrits. Ma reconnaissance va donc à Madame N.BOUTELLER et à Messieurs J.P.CARMOUZE, C.CHAMPAGNAT, A.CHOURET, J.M.ECOUTIN, A.FONTENEAU, J.FRANC, L.LAUZANNE, C.LEVÊQUE, J.MARCILLE, J.QUENSIERE, K.Y.SRINN, A.STAUCH, J.TROUBAT.

Enfin, je n'aurai garde d'oublier les pêcheurs et techniciens tchadiens dont l'aide initiale a été déterminante et le personnel des Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M. - orfèvres à-finitions - dont l'intervention terminale a été très appréciée.

## S o m m a i r e

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION

CHAPITRE I	LE MILIEU .....	13
CHAPITRE II	PECHES ET ECHANTILLONNAGE .....	47
CHAPITRE III	REPRODUCTION ET DEVELOPPEMENT LARVAIRE .....	79
CHAPITRE IV	ALIMENTATION ET CONDITION .....	113
CHAPITRE V	POPULATIONS ET MIGRATIONS .....	135
CHAPITRE VI	APERCUS SUR L'EVOLUTION DU STOCK D' <i>ALESTES</i> <i>BAREMOZE</i> ENTRE 1966 ET 1976 .....	167
CHAPITRE VII	CROISSANCE .....	199
CHAPITRE VIII	MORTALITES .....	261
CHAPITRE IX	PRODUCTION ET CAPTURES .....	275
CONCLUSIONS GENERALES	.....	307
REFERENCES	.....	316
TABLE DES MATIERES	.....	327

## AVANT - PROPOS

Si l'on consulte une carte de l'Afrique, on ne manque pas de remarquer une tache bleue relativement vaste située au coeur de la moitié nord du continent, aux confins du désert et dont les contours semblent varier au gré du cartographe. Ce premier regard permet déjà de souligner l'essentiel : au nord de l'Equateur, le lac Tchad constitue par sa superficie la plus importante collection d'eaux lacustres en Afrique (la quatrième du continent après les grands lacs d'Afrique de l'est); localisé en plein Sahel, au bord du Sahara, c'est un système endoreïque sans exutoire, de profondeur très faible, ses eaux plates sont sujettes à des variations saisonnières et, surtout, interannuelles importantes.

Si l'on ajoute que les recherches effectuées sur le bassin tchadien étaient encore très minces il y a une quinzaine d'années alors qu'il s'agit de milieux a priori très productifs, la motivation des travaux hydrobiologiques entrepris par l'ORSTOM sur le lac Tchad est évidente.

L'étude du contexte tchadien au sens large est en réalité multidisciplinaire, aussi, à côté de l'étude proprement dite des organismes aquatiques, se sont développées des recherches en géologie, hydrologie, géochimie, pédologie qui toutes - avec leurs objectifs propres - ont apporté des informations et ont permis de situer les milieux actuels dans le temps et l'espace, en fonction de l'évolution récente au Quaternaire et en fonction du réseau fluvial actuel.

L'hydrobiologie représente, à l'intérieur de ce canevas multidisciplinaire, un secteur lui-même multiple, allant de la chimie des eaux à la gestion rationnelle des stocks. Une première synthèse a été effectuée en 1972 et a permis de décrire les Grandes Zones Ecologiques du lac Tchad. Depuis, plusieurs aspects précis ont été étudiés en détail : physico-chimie et plus particulièrement la régulation hydrogéochimique (Carmouze, 1976); phytoplancton des mares du Kanem

(Iltis, 1973); écologie et production des populations de Mollusques (Levêque, 1972); synécologie des Chironomides (Dejoux, 1976). D'autres sont en préparation : production primaire (Lemoalle); dynamique et production des Cladocères et Copépodes (Gras et Saint-Jean). Enfin, la production terminale - en dehors de nombreux travaux sur la biologie des espèces - est abordée sous trois aspects : relations trophiques (Lauzanne, 1977); dynamique des populations et production (dans le présent travail); dynamique des peuplements (Benech et Quensière, en préparation).

Les contours exacts du sujet ont été précisés en plusieurs étapes. Il avait été envisagé comme une étude extensive de biologie pour plusieurs espèces communes et exploitées du lac Tchad et des biefs inférieurs des fleuves; puis les espèces moins importantes qu'*Alestes baremoze* ont été abandonnées (1); enfin, il a semblé possible de pousser les recherches au-delà de la biologie et de tenter l'étude de certains aspects de dynamique de populations. A cette orientation tardive vers la dynamique - d'où des échantillonnages insuffisants à certains points de vue - se sont ajoutées des difficultés fondamentales inhérentes au contexte sahélien : statistiques de pêche trop globales et peu fiables - quand elles existent, d'une part; sécheresse du Sahel et évolution parallèle des stocks et des pêcheries d'autre part. Ces derniers événements nous ont conduit à infléchir partiellement l'étude vers l'évolution des *Alestes baremoze*, qu'il s'agisse de la biologie, des stocks ou de leur exploitation, au cours de la grande sécheresse du Sahel, entre 1966 et 1976.

Nous avons essayé de bâtir un plan partant des données de base servant à définir les paramètres biologiques primordiaux et conduisant - en une synthèse progressive - aux estimations de production. Cette démarche a pu être respectée dans l'ensemble, bien qu'il y ait d'inévitables recoupements entre tel et tel aspect qui se nourrissent l'un de l'autre et doivent cependant, dans le déroulement linéaire de l'écriture, se succéder logiquement.

L'introduction situe le cadre systématique et zoogéographique. Ensuite neuf chapitres ont été nécessaires. Le chapitre I souligne le rôle fondamental de l'hydrologie pour la biologie des poissons, l'hétérogénéité des milieux et l'importance des évolutions saisonnières et pluriannuelles. Les méthodes doivent s'adapter à ce contexte d'où la variété des techniques de pêche, qu'elles soient traditionnelles ou expérimentales (chapitre II). L'étude de la biologie de l'espèce commence obligatoirement par la reproduction (chapitre III) qui permet de donner une estimation des dates de naissance, de la fécondité etc... L'acquisition de réserves constitue un trait particulièrement marqué chez certains Characidae (chapitre IV); il est par ailleurs nécessaire de se demander dans quelle mesure l'ensemble étudié est homogène d'où le chapitre V sur les populations. Le chapitre

---

(1) Il s'agit d'*Alestes dentex*, dont la biologie ne peut être comprise qu'en travaillant dans les régions méridionales du Bassin tchadien, et d'*Hydrocynus forskalii*, pour laquelle une mise au point a été faite depuis (Srin, 1976).

VI - avant de passer à des aspects plus globaux de dynamique et de production - fait le point sur l'évolution de la biologie et des stocks entre 1966 et 1976. A partir de là se déroule le schéma classique : il faut connaître le gain de poids par unité de temps - d'où les estimations de croissance linéaires et pondérales (chapitre VII) - et l'évolution des effectifs (chapitre VIII sur les mortalités) pour aboutir aux évaluations de production (chapitre IX). Dans les conclusions nous essayons de tirer des leçons de divers ordres de l'étude entreprise, en particulier en ce qui concerne les problèmes spécifiques posés par la gestion rationnelle des stocks aquatiques continentaux tropicaux.

Entre 1967 et 1971, les travaux menés en commun avec G. Loubens ont donné lieu à six publications sur la biologie des *Alestes baremoze*. Elles ont été réutilisées à des degrés divers dans le cours de ce travail en élaguant les aspects méthodologiques et en introduisant les données récentes (1971-1975). En particulier, les chapitres III et IV sont basés sur nos publications de 1970; le travail sur les caractères méristiques a été très étoffé pour l'étude des populations (chapitre V). De même, notre première étude de la croissance en longueur (1969) a été profondément modifiée; enfin, la publication sur le développement larvaire a été résumée au chapitre III.

## INTRODUCTION

Parmi les ressources du Sahel, la pêche occupe une place de tout premier plan puisque le potentiel estimé de la région est de l'ordre de 500.000 tonnes pour les pêches continentales, l'essentiel provenant du delta central du Niger au Mali et de la région du lac Tchad. Un tel tonnage représente une quantité de protéines du même ordre que celle produite par l'élevage et des possibilités d'exportation non négligeables. Or la prise de conscience de ces potentialités est relativement récente et les connaissances de tous ordres qu'exige une exploitation optimale encore bien réduites. On peut en effet dire qu'en 1960 elles avaient surtout trait à la systématique, les études de biologie - du type de celles de Daget au Mali - étant beaucoup plus rares. Or, tant les connaissances fondamentales d'écologie et de biologie que l'analyse des pêcheries sont indispensables à ce qui pourrait éventuellement correspondre à des pêches rationnelles en milieux continentaux tropicaux; sans d'ailleurs que cela suffise car l'optimisation des pêches doit tenir compte tout autant des données socioéconomiques.

*Alestes baremose* a été choisie à cause de son abondance et de l'exploitation dont elle fait l'objet dans le bassin tchadien où elle est particulièrement recherchée et où plusieurs milliers de tonnes en sont pêchées chaque année. D'ailleurs elle est très commune dans tous les grands bassins de la région soudano-sahélienne : il s'en pêchait par exemple près de 7.000

tonnes au lac Albert en 1961 d'après Holden (1963) et A.J. Hopson (1975) estime que le potentiel du lac Rodolphe est important. Au total le rendement potentiel des stocks pour l'ensemble de la région devrait être entre 30 et 50.000 tonnes, quand les conditions climatiques sont normales et ce d'autant plus que la création de grands réservoirs dans la région devrait être favorable au développement de stocks lacustres zooplanctophages.

#### SYSTEMATIQUE

La famille des Characidae est représentée en Amérique Centrale et en Amérique du Sud en même temps qu'en Afrique tropicale. Trois groupes de formes - souvent considérés comme des sous-familles ou des tribus - en font partie : Hydrocininae, Hepsetinae et Alestiinae. Les Alestiinae comprennent deux genres - dans la mesure où l'on distingue les espèces du genre *Brycinus* (telles *Alestes macrolepidotus*, *Alestes nurse* etc...) des *Alestes* sensu stricto (1). Ce dernier genre comporte en Afrique soudano-sahélienne, deux espèces toutes deux communes et très largement répandues : *Alestes dentex* et *Alestes baremoze*. Ce sont des poissons au corps allongé, comprimé, recouvert de petites écailles cycloïdes. Le museau est court, la bouche petite. La dorsale courte est située au-dessus ou juste en arrière des ventrales, l'adipeuse est petite, la ligne latérale complète; la nageoire anale est assez allongée (fig. 1). Les deux espèces sont souvent capturées ensemble et on peut les distinguer par la forme du corps et certains caractères méristiques : les *Alestes dentex* sont toujours un peu plus trapus, ils ont moins de branchiospines ( 19-25 au lieu de 27-39 chez *Alestes baremoze*, en bas du premier arc branchial) et moins de rayons branchus à l'anale: 18-23 au lieu de 19-28 (Durand et Loubens, 1967 et 1969).

L'espèce qui nous intéresse ici a été décrite pour la première fois sous le nom de *Nylestes baremoze* par de Joannis en 1835, à partir d'exemplaires du Nil dans le Magasin de Zoologie dont nous extrayons ces quelques lignes :  
 "... les habitudes de ce poisson sont inconnues. Il paraît seulement qu'il

---

(1) Les *Brycinus* sont caractérisés par des écailles épaisses et grandes, donc moins nombreuses que chez les *Alestes*, par un nombre plus faible de branchiospines et de rayons branchus à la nageoire anale.



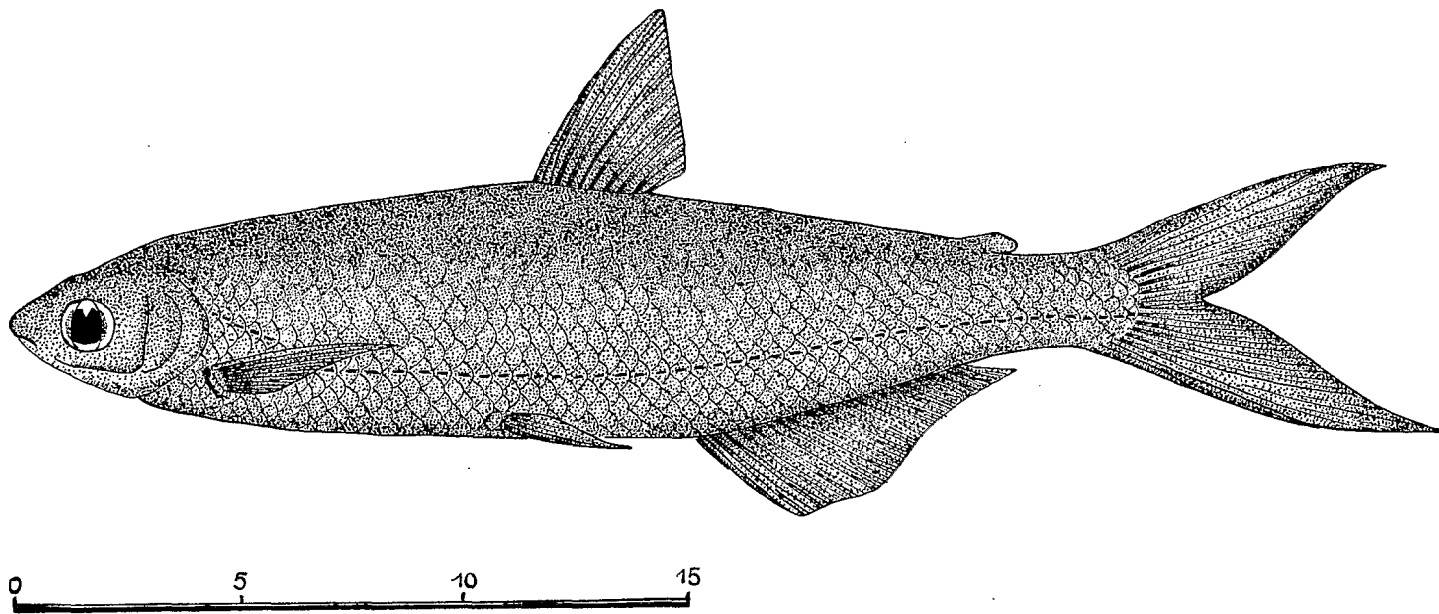


Figure 1. *Alestes baremoze* mâle (d'après BLACHE - 1964)

habite les rivages, car c'est toujours là qu'on le prend. Il se pêche surtout à la ligne, il est assez difficile de se le procurer. Pendant un an de séjour à Thèbes, je n'en ai guère vu plus d'une douzaine ... Les arabes le nomment baremozé "... Depuis, le genre est devenu *Alestes*, Müller et Troschel, 1844, et l'espèce s'est avérée l'une des plus communes de l'Afrique soudano-sahélienne.

### ZOOGEOGRAPHIE

*Alestes baremoze* est une forme connue de la Gambie, du Sénégal, du Niger, des bassins côtiers de la Côte d'Ivoire (Comoé, Bandama et Sassandra), de la Volta, du bassin tchadien, du Nil, des lacs Albert et Rodolphe (fig.2). Cette distribution n'est pas typiquement soudanienne, contrairement à celle d'*Alestes dentex* qui n'existe pas dans les bassins côtiers de Côte d'Ivoire. Cette dernière espèce est d'ailleurs subdivisée en deux sous-espèces : occidentale, *Alestes dentex oethente*, connue de la Gambie au Tchad, tandis que la sous-espèce typique, *Alestes dentex dentex*, a une distribution plus orientale : Nil, lacs Albert et Rodolphe. Daget (1954) se demandait s'il n'existait pas une partition analogue chez les *Alestes baremoze* avec une sous-espèce occidentale et une sous-espèce nilotique. Après avoir étudié les poissons du bassin tchadien (1964), Blache, quant à lui, estimait justifié de créer des sous-espèces pour chacun des trois grands bassins, Niger, Tchad, Nil. Ces distinctions sont basées sur les distributions de certains caractères méristiques : vertèbres, écailles en ligne latérale et rayons branchus de la nageoire anale. C'est ce dernier caractère - d'ailleurs probablement corrélié avec les deux autres - qui est le mieux connu. Le tableau I rassemble les résultats obtenus sur le fleuve Sénégal (Reizer, Mattei et Chevalier, 1972)(1); en Côte d'Ivoire : Comoé, Bandama et Sassandra (Paugy, comm. pers.); sur le Niger Moyen (Daget, 1954); au Tchad (1: Gras, 1962; 2: Blache, 1964; 3: Durand et Loubens, 1971a) et sur le Nil (Boulenger, 1907).

La moyenne obtenue pour les *Alestes baremoze* du Nil est nettement supérieure à toutes celles obtenues plus à l'ouest, ce qui pourrait justifier

---

(1) Ces auteurs ont repris inexactement nos données du Tchad, toutes les valeurs étant décalées d'un rayon supplémentaire, d'où une interprétation elle aussi erronée.

Tableau I Variations du nombre de rayons branchus à l'anale dans les divers bassins ( $\bar{T}$  désigne le nombre moyen et  $\sigma_r^2$  la variance).

	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	N	$\bar{T}$	$\sigma_r^2$
Sénégal				1	8	19	16	1			45	24,178	0,6949
Comoé		4	31	128	139	71	5	2			380	22,697	0,9557
Bandama	1	7	53	312	585	390	121	13	1		1483	23,156	1,0619
Sassandra		1	5	33	46	20	4	2			111	22,892	0,8040
Niger			1	4	17	33	12	1		1	69	23,855	1,0515
Tchad 1		1	15	51	163	193	70	19	3		515	23,617	1,1991
Tchad 2			33	186	467	316	101	22	1		1126	23,298	1,0229
Tchad 3	2	5	182	1967	6972	8812	4272	959	116	12	23.299	23,790	1,0783
Nil				3	1	6	15	12	13		50	25,420	1,8436

la séparation entre sous-espèces nilotique et occidentale. Notons cependant qu'il faudrait reprendre les observations de Boulenger qui portent sur un échantillon réduit et de variance élevée (1, 8436). Par ailleurs, la région occidentale est elle-même hétérogène. Il y a tout d'abord des différences significatives entre les trois séries tchadiennes prises deux à deux, la plus notable se situant entre les observations de Blache et les nôtres : 23,298 et 23,790;  $t=15,9$ . Nous verrons plus loin (chapitre V) que la moyenne générale de 23,790 recouvre en fait une variabilité assez forte : c'est ainsi qu'à trois mois d'intervalle les valeurs moyennes extrêmes trouvées à N'Djamena ont été 23,405 et 24,319. Le désaccord constaté ne peut être analysé car nous ignorons l'origine des numérations de Blache; il est en particulier possible que les populations plus méridionales d'*Alestes baremose* dans les biefs moyens et supérieurs du Chari et du Logone offrent des caractéristiques différentes de celles de la région lacustre. Quoi qu'il en soit, l'un des critères de distinction de la sous-espèce *Alestes baremose tchadense* Blache, 1964, est remis en cause puisque nos observations et celles de Daget n'offrent pas de différence.

Les numérations de Paugy sur les trois bassins côtiers de Côte d'Ivoire (tableau I) indiquent que les *Alestes baremose* de cette région diffèrent globalement de ceux de l'ensemble Niger-Tchad (1) et, a fortiori, du bassin du Nil. Enfin, la valeur relativement élevée trouvée pour le Sénégal ne permet pas de la rattacher au Niger proche. On peut d'ailleurs se demander si cet écart ne tient pas à la méthode de numération, certains auteurs comptant le dernier rayon branchu, double, pour deux rayons alors qu'il ne correspond qu'à un seul baseoste. Dans cette hypothèse la moyenne réelle pour le Sénégal serait 23,178 ce qui la rapprocherait donc des bassins côtiers de Côte d'Ivoire(2).

Les numérations de vertèbres et d'écaillles en ligne latérale conduisent à des valeurs relativement proches, entre 46 et 48, à une exception notable près, celle des trois bassins côtiers de Côte d'Ivoire où le nombre d'écaillles en ligne latérale est de l'ordre de 41 à 42 (Paugy, comm. pers.). Ceci confirme la séparation des bassins côtiers de l'ensemble de la zone soudano-sahélienne proprement dite.

Au total on serait donc amené, dans l'état actuel de nos connaissances, à distinguer trois grands ensembles (fig.2) :

-A- occidental continental (avec Niger, Tchad et sans doute Volta);

- 
- (1) Auxquels on peut peut-être rattacher ceux du bassin de la Volta, bien que les observations de Roman (1966) soient peu nombreuses.
  - (2) On peut en trouver confirmation dans les valeurs homologues d'*Alestes dentex*, qui sont pratiquement identiques pour le Sénégal, le Niger et le Tchad (Daget, 1954; Blache, 1964).

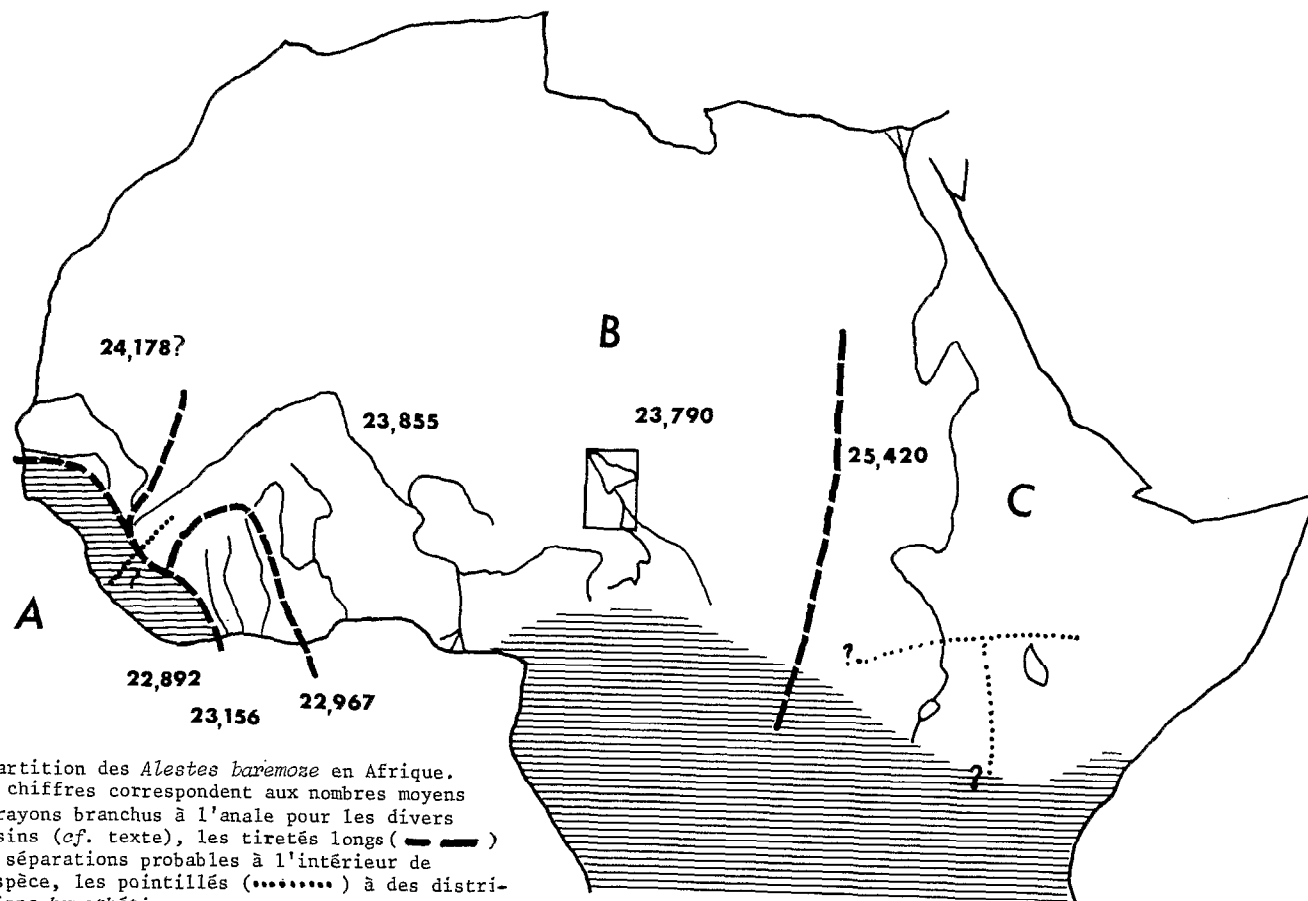


Figure 2. Répartition des *Alestes baremose* en Afrique. Les chiffres correspondent aux nombres moyens de rayons branchus à l'anale pour les divers bassins (cf. texte), les tiretés longs (— — —) aux séparations probables à l'intérieur de l'espèce, les pointillés (.....) à des distributions hypothétiques.

-B- occidental côtier (avec Bandama, Comoé et Sassandra et peut-être Sénégal);

-C- nilotique (Nil moyen et inférieur, lacs Albert et Rodolphe).

Les études en cours ne manqueront pas de préciser l'existence de races géographiques et la valeur réelle de ces divisions en apportant en particulier des données sur la région du Nil où les *Alestes baremose* des lacs Albert et Rodolphe atteignent des tailles incomparablement supérieures à celles enregistrées en Afrique occidentale (Holden, 1963; J. Hopson, 1975). Il est d'ailleurs probable qu'il faudra opérer une distinction entre ces stocks lacustres particuliers et les populations fluviales, nilotiques au sens strict.

## *Chapitre I*

### **LES MILIEUX**

Les milieux aquatiques de la cuvette tchadienne ont déjà fait l'objet de multiples descriptions, tant hydrologiques qu'hydrobiologiques. La synthèse présentée ici emprunte des éléments à de nombreux travaux :

- Hydrologie : monographies du lac Tchad (Bouchardeau et Lefèvre, 1957; Touchebeuf de Lussigny, 1969a); monographies hydrologiques du Chari (Billon et al., 1974); du Logone (Billon et al., 1969); évolution récente du lac Tchad (Carmouze, Chouret et Durand, 1972; Chouret et Lemoalle, 1974); régulation saline du lac (Roche, 1973; Carmouze, 1976).

- Hydrobiologie : le texte de référence est celui des "Grandes Zones Ecologiques" pour le lac Tchad (Carmouze et al., 1972); on peut ajouter à celui-ci des éléments empruntés aux thèses de Lévêque (1972), Iltis (1973), Dejoux (1976) et Carmouze (1976). En ce qui concerne le système fluvial, les biefs inférieurs ont été rapidement décrits (Durand et Loubens, 1969) et, plus particulièrement, le système adjacent de la grande plaine inondée du Nord-Cameroun et de son exutoire, l'El Beïd (Durand, 1970a).

Notre but n'est pas de refaire ici une synthèse exhaustive, nous

nous contenterons de situer le cadre général en mettant l'accent sur les facteurs susceptibles d'intervenir pour les poissons. Nous détaillerons un peu plus le système fluvial, relativement peu étudié par les biologistes et mettrons l'accent pour terminer sur l'assèchement du lac Tchad (1972-1977).

Les *Alestes baremoze* semblent communs depuis les limites méridionales du bassin jusqu'à la cuvette nord du lac Tchad actuel. Nos moyens ne nous permettaient pas d'envisager une étude à l'échelle du bassin tout entier, aussi nous sommes nous limités à la région septentrionale, soit approximativement un territoire compris entre 10°50' et 14°20' de latitude nord, 13° et 15°20' de longitude est appartenant aux républiques du Tchad, du Cameroun, du Niger et du Nigeria (fig.5). Cette région englobe les biefs inférieurs du Chari et du Logone, le lac Tchad et le système hydrographique connexe (zones inondées et rivières temporaires), soit tous les milieux les plus caractéristiques susceptibles de jouer un rôle dans la biologie de l'espèce. Nous verrons que ce choix s'avère logique dans la mesure où cette région forme un tout cohérent pour la biologie et les stocks d'*Alestes baremoze*.

## 1 - LE CADRE GÉNÉRAL

Le bassin tchadien s'étend au coeur de l'Afrique sur 2.500.000 km<sup>2</sup> entre 5 et 25° de latitude nord et 7 et 25° de longitude est (fig.3). Le lac lui-même est apparu au pleistocène et a connu des fluctuations importantes jusqu'à nos jours. C'était en fait une véritable mer intérieure il y a 7 à 8.000 ans puisqu'on estime que sa superficie totale a pu atteindre 300.000 km<sup>2</sup> (Servant, 1973). Le lac ne représente plus maintenant qu'une mince pellicule d'eau sans exutoire, au fond d'une cuvette sédimentaire très plate. Son extension est donc éminemment variable : depuis le début du siècle sa surface a oscillé entre 8.000 et 24.000 km<sup>2</sup> avec deux périodes très basses : 1908-1916 et 1972-1977.

Toute la zone d'alimentation septentrionale (massifs de l'Aïr, du Tibesti, et de l'Ennedi) est maintenant désertique et le bassin d'alimentation actuel ne correspond guère en fait qu'à 8 à 900.000 km<sup>2</sup> situés pour l'essentiel



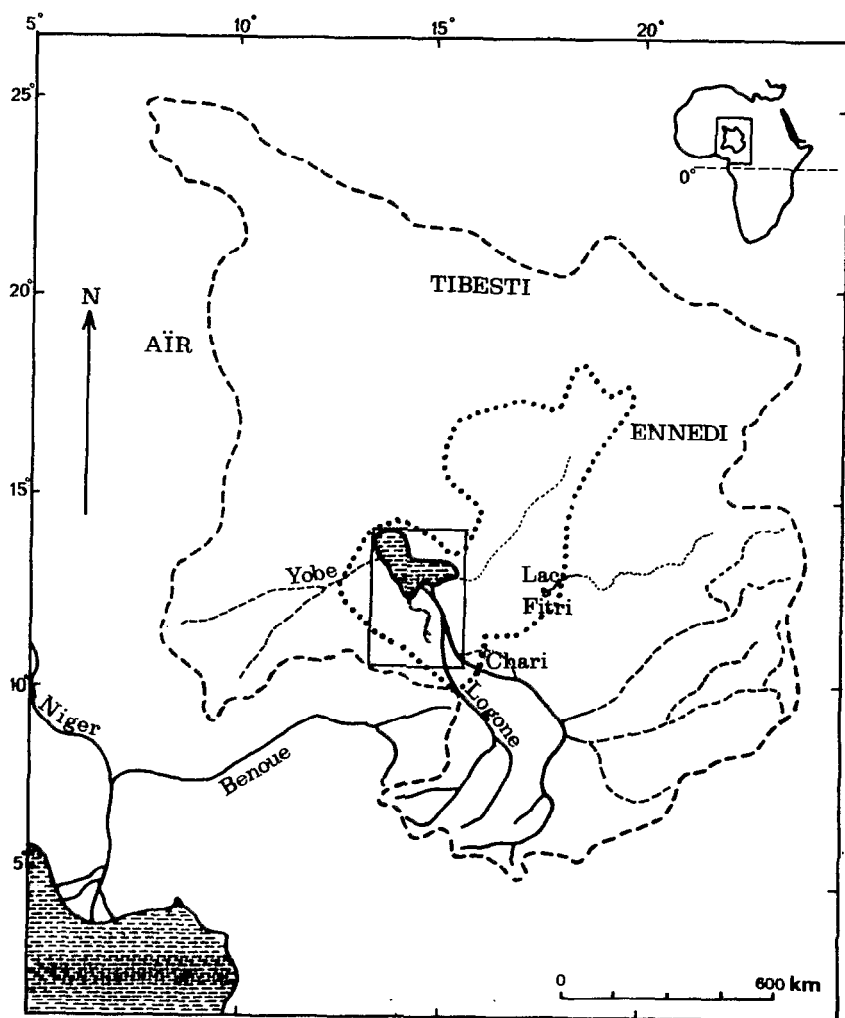


Figure 3. Extensions anciennes du bassin tchadien (---) et du lac Tchad (.....) (d'après Touchebeuf de Lussigny et *al.*, 1969). Le cadre délimite la zone d'étude.

entre 5 et 16° de latitude nord (Daget, 1967) (fig.4). Les apports au lac Tchad proviennent pour l'essentiel du Chari grossi du Logone, seuls grands fleuves permanents du bassin tchadien dont les bassins versants sont très méridionaux puisqu'ils sont situés en grande partie en République Centrafricaine et au Cameroun.

Le bassin tchadien est situé dans la zone de balancement du front intertropical (F I T) qui sépare les masses d'air tropicales continentales des masses équatoriales maritimes. Aux premières correspond l'harmattan, vent de nord-est, qui définit la saison sèche, de mi-octobre à fin mars; aux secondes, la mousson du sud-ouest et la saison des pluies avec 200 à 500 mm de précipitations entre mai et septembre.

Ces caractéristiques sont celles d'un climat sahélien, on peut plus précisément dire que le climat au nord du lac Tchad est saharien passant ensuite au type sahélo-saharien au niveau du lac, la bordure sud de la zone (fig.5) entre 11 et 12° de latitude nord étant plutôt soumise au climat sahélo-soudanais (d'après la classification climatique d'Aubréville, 1950).

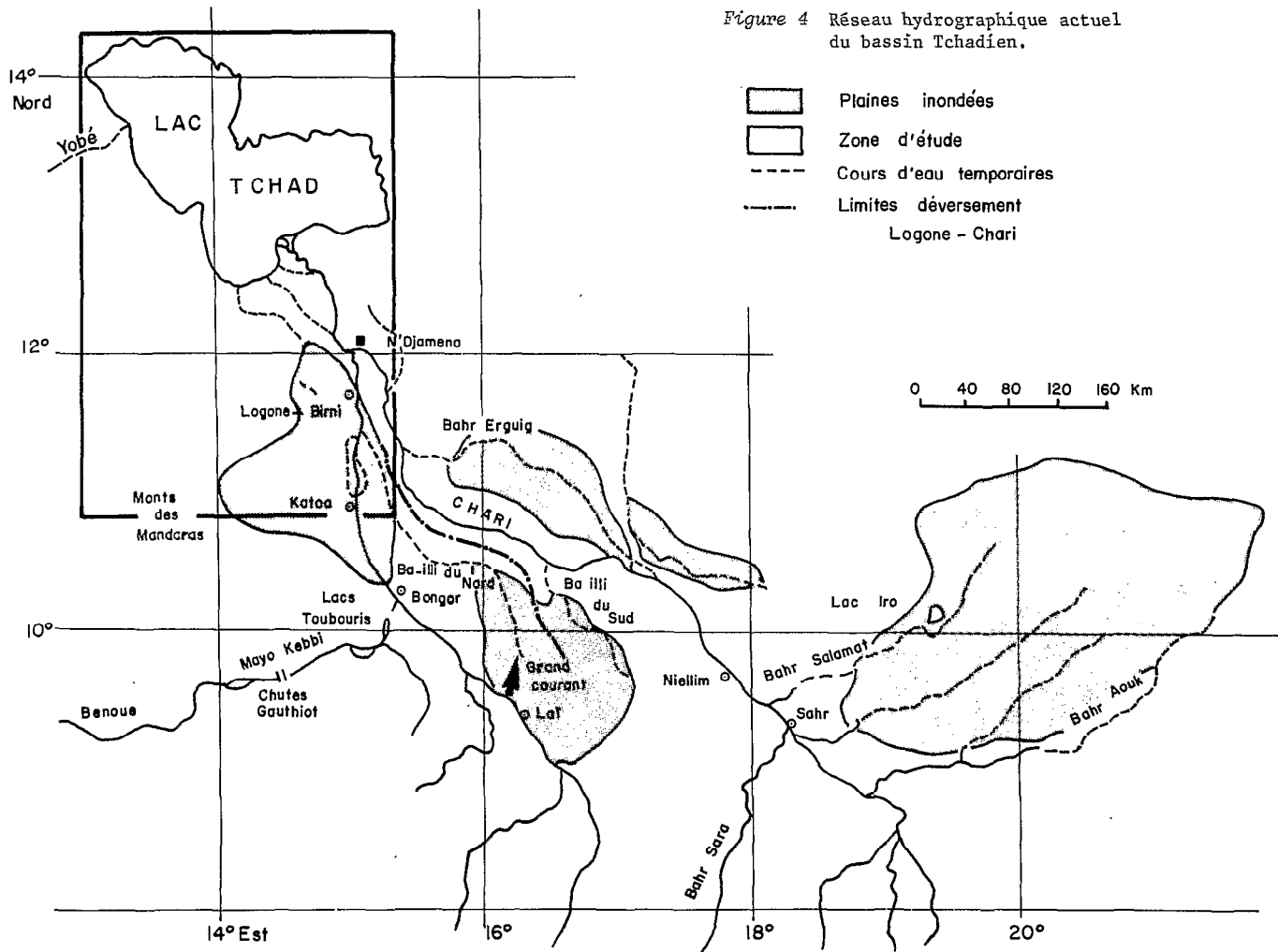
La pluviométrie croît donc du nord au sud; la moyenne observée à N'Djamena est de 600 mm environ contre 300 mm à Bol, station du lac à 13°30' de latitude nord; au nord du lac elle n'est plus que de 200 mm contre 500 au sud. Les saisons sont très marquées; saison sèche de novembre à mars, saison humide de juin à octobre. A N'Djamena, les précipitations sont surtout importantes en août, puis en juillet et, suivant les années, en juin ou en septembre.

La température de l'eau varie de manière assez semblable dans les fleuves et le lac au cours du cycle annuel. Le tableau II et la figure 6 correspondent à des températures moyennes mensuelles calculées à partir de la moyenne des extrêmes journaliers, à 6 et 18 heures : le Chari à N'Djamena en 1957 d'après Blache, 1964; le lac Tchad à Bol, 1956-70 (d'après Roche, 1973) et 1972-75 (d'après Lemoalle, 1976).

L'eau reste fraîche de décembre à février, entre 18 et 22°C environ; le minimum minimorum enregistré à ce jour a été de 14,6°C le 21/1/74 à six heures à Bol. Les mois de mars, avril et novembre correspondent à des époques de transition avant et après la saison chaude pendant laquelle les températures moyennes oscillent entre 28 et 30°C. Les maximum maximorum sont de l'ordre de 35°C en mai et octobre (il s'agit ici de la température de pleine eau car en été les eaux peu profondes et dormantes peuvent atteindre 40°C). Les variations quotidiennes - très faibles en saison des pluies, 1 à 1,5°C, peuvent atteindre 3 à 4°C en saison fraîche.

La saison des pluies, juillet à septembre, est plus fraîche - surtout dans le système fluvial - que le reste de la saison chaude. Enfin, il est intéressant de remarquer que les températures moyennes sont plus faibles en 1972-75. La différence provient de la saison fraîche uniquement : 23,9°C d'octobre à janvier sur la période 1956-70 contre 21,4°C de 1972 à 1975. On

Figure 4 Réseau hydrographique actuel  
du bassin Tchadien.



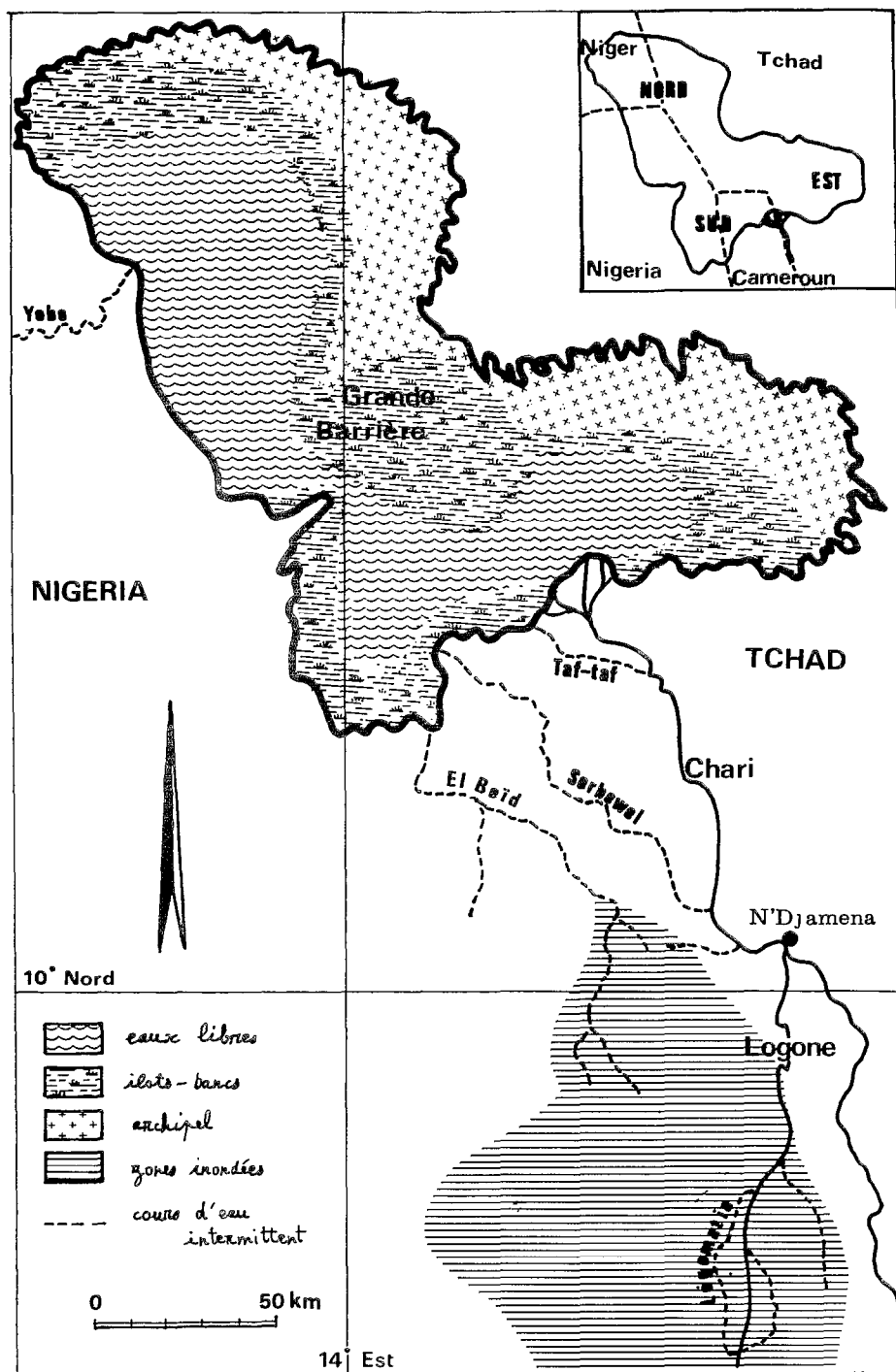


Figure 5 Carte de la région étudiée.

Tableau II Températures moyennes mensuelles A : le Chari à N'Djamena en 1957; B : lac Tchad à Bol de 1956 à 1970; C : lac Tchad à Bol de 1972 à 1975.

	J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A <sup>t</sup>	S	O	N	D	$\bar{m}$
A	21,1	20,2	24,2	27,3	30,0	30,3	28,3	27,9	27,6	29,4	27,0	23,7	26,4
B	20,2	20,9	24,1	27,7	29,7	30,4	29,7	29,3	30,1	29,1	24,5	21,8	26,5
C	18,2	20,7	23,7	28,0	29,7	30,8	30,0	30,1	30,0	26,9	21,4	18,9	25,7

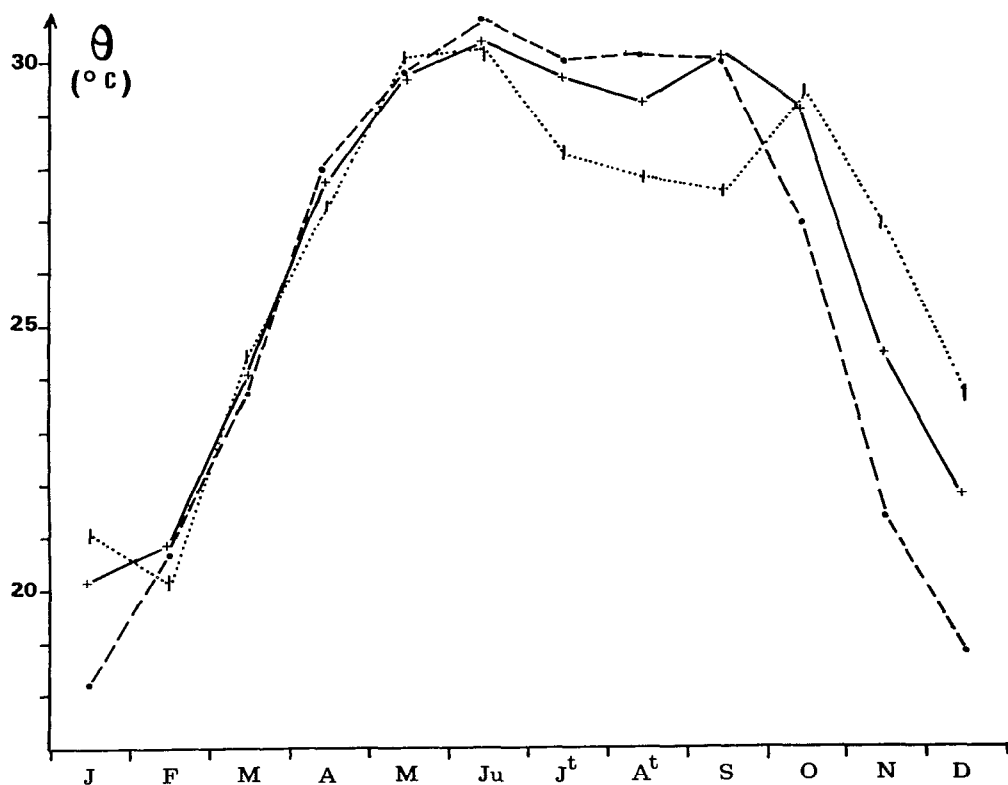


Figure 6 Températures moyennes mensuelles de l'eau : Chari à N'Djamena (.....); lac Tchad à Bol : 1956-1970 (+—+) et 1972-1975 (—•—).

doit en conclure que les températures de l'eau sont plus basses dans le petit lac Tchad en saison fraîche (Lemoalle 1976). Les écarts entre saisons fraîche et chaude, déjà très notables dans le lac normal puisque de l'ordre de 10°C, en sont encore accentués.

## 2 - LE SYSTEME FLUVIAL ET SES ANNEXES

Nous passerons successivement en revue le Chari; le Logone; les milieux temporaires : plaines d'inondation du Nord-Cameroun, rivières El Beïd et Yobé.

### 2.1 *LE CHARI*

Les 260 km du cours terminal du Chari présentent un aspect assez uniforme : de direction générale nord nord-ouest, le fleuve a une pente très faible ( de 5 à 7 cm par km) et un cours lent, encombré de bancs de sable à l'étiage. Il est assez sinueux et les hauteurs d'eau dans le lit mineur sont très inégales, de nombreuses fosses se trouvant dans les méandres les plus accusés et pouvant atteindre des profondeurs notables : jusqu'à 27 mètres près de Séro Abou, en aval de N'Djamena (Billon et Boulin, 1962).

Sur la rive droite du Chari arrive le Bahr Erguig et se détache le Bahr Ligna; seul le premier nommé a, certaines années, une importance notable. A gauche l'apport essentiel est celui du Logone au niveau de N'Djamena; plusieurs défluent se détachent sur cette rive; c'est d'abord la Loumia qui aux hautes eaux, relie Chari et Logone, ensuite en aval de N'Djamena, le

Serbewel et le Taf-taf qui rejoignent la rive sud du lac, et ne coulent pas aux basses eaux du fleuve (fig.4).

Le régime hydrologique du Chari s'apparente au type tropical, caractérisé par une crue annuelle bien individualisée et un étiage prolongé. Mais il s'en distingue par le rôle régularisateur de l'alimentation méridionale du Logone et du Chari, et de très vastes zones d'inondation. Il en résulte pour le Chari inférieur une crue annuelle relativement étalée et des variations de débit moins brutales que dans le type tropical pur. C'est ce qu'illustre la figure 7 à partir des données du tableau III qui indique la répartition moyenne des débits mensuels en  $m^3/sec$  entre 1933 et 1957.

Tableau III Débits mensuels moyens du Chari à N'Djamena

MOIS	J	F	M	A	M	J
Module ( $m^3/sec$ )	821	461	271	192	187	247
MOIS	J <sup>t</sup>	A <sup>t</sup>	S	O	N	D
Module ( $m^3/sec$ )	507	1210	2393	3327	3322	1840

L'amplitude des crues du Chari est considérable. Les eaux du fleuve restent presque entièrement contenues dans le lit majeur car les berges sont élevées avec un bourrelet bien marqué. Il y n'y a donc pas de zone d'inondation au sens strict mais, par contre, un vaste lit majeur dont la largeur peut atteindre six kilomètres.

Le tableau IV récapitule les modules annuels calculés pour le Chari à Maïlao et N'Djamena, diverses stations du Logone et l'El Beïd. La plupart de ces valeurs de débit ont été extraites des Monographies hydrologiques du Chari et du Logone (Billon et al., 1974 et 1969) et de Sircoulon (1976) (1). On peut considérer que les débits à N'Djamena correspondent assez exactement - aux déversements négligeables du Bahr Ligna près - à la somme des débits à Logone-Birni et à Maïlao (fig.5). Comme nous n'avions pas besoin ici de données hydrologiques très exactes, nous avons, par commodité, porté dans le tableau IV la différence des modules de N'Djamena et Maïlao comme valeur des modules de Logone-Birni. Nous avons par ailleurs dû dans certains cas recourir à des extrapolations pour obtenir des moyennes annuelles, en particulier pour le Logone moyen et l'El Beïd. Le module annuel moyen du Chari en amont du confluent (Maïlao) est de  $815 m^3/sec$  pour les vingt-trois dernières années hydrologiques, soit de 1953 à 1976 (2). Cette valeur moyenne recouvre en fait une

- (1) Les données concernant les dix dernières années proviennent des Annuaires hydrologiques du lac Tchad ou ont été recalculées à notre demande par le Service Hydrologique de l'ORSTOM que nous remercions ici.
- (2) L'année hydrologique, d'étiage à étiage, débute en avril pour le Logone et en mai pour le Chari. Le volume total écoulé se déduit du module en le multipliant par  $3,1536 \cdot 10^7$ .

Tableau IV Modules annuels ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ) pour les principales stations de la zone d'étude. Les valeurs entre parenthèses correspondent à des moyennes mensuelles incomplètes et extrapolées.

Rivières	El Beïd	LOGONE				CHARI	
Stations	Fotokol	Laï	Bongor	Katoa	Logone-Birni	Maïlao	N'Djamena
1953-54	(24)	(423)	(429)	/	361	849	1210
1954-55	(88)	654	(621)	(476)	(440)	(1120)	1560
1955-56	(82)	708	(679)	(497)	460	1260	1720
1956-57	(75)	567	(566)	(458)	(440)	1090	(1530)
1957-58	(19)	468	(508)	(438)	398	712	1110
1958-59	(20)	522	524	/	364	726	1090
1959-60	(45)	529	(516)	/	353	917	1270
1960-61	(61)	650	(646)	/	445	965	1410
1961-62	(72)	573	(621)	//	410	1290	1700
1962-63	(43)	538	(548)	//	430	1210	1640
1963-64	(54)	(587)	(595)	//	454	886	1340
1964-65	(35)	(513)	(508)	/	431	979	1410
1965-66	(20)	416	//	472	367	549	916
1966-67	24	(504)	(521)	476	386	694	1080
1967-68	47	/	531	495	360	830	1190
1968-69	20	483	(515)	/	374	648	1022
1969-70	43	625	(655)	(563)	471	589	1060
1970-71	60	580	628	/	447	733	1180
1971-72	/	408	480	484	331	637	968
1972-73	+	241	281	329	228	309	537
1973-74	+	265	314	(343)	244	328	572
1974-75	9	384	432	//	349	617	966
1975-76	25	483	523	463	348	812	1160

/ : données partielles seulement; // : aucune observation ;

+: écoulements infimes correspondant aux précipitations locales



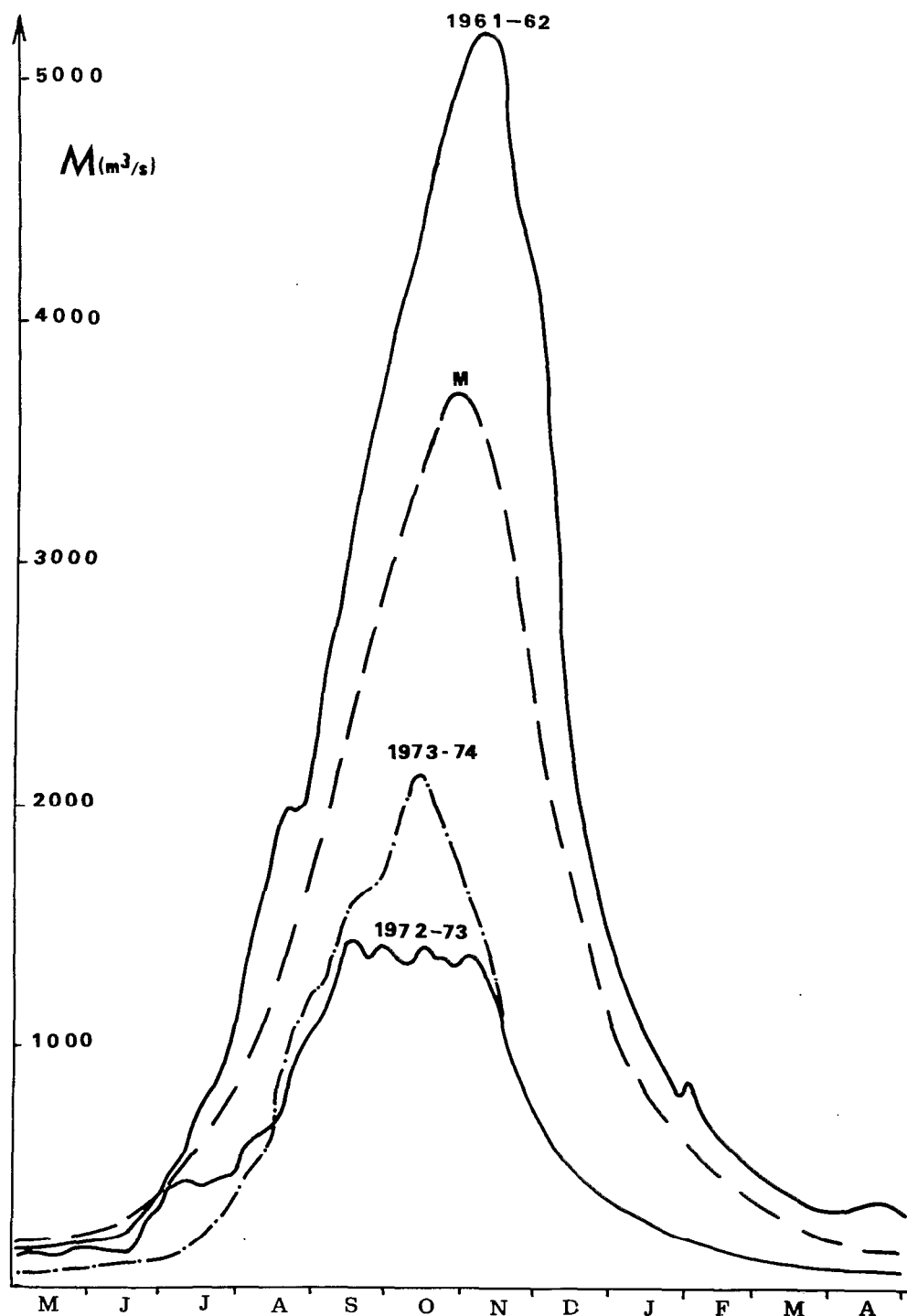


Figure 7 Hydrographes caractéristiques du Chari à N'Djamena (d'après Chouret et Lemoalle, 1974). La courbe médiane (M) correspond aux valeurs du tableau III.

variabilité très élevée puisque pendant la période considérée les modules annuels ont présenté des valeurs allant du simple au quadruple (fig.7 et fig.8) :  $309 \text{ m}^3/\text{sec}$  pour 1972-73 et  $1290 \text{ m}^3/\text{sec}$  pour 1961-62 (soit respectivement 9,7 et 40,7 milliards de mètres cubes de volume total écoulé). Il y correspond un écart-type élevé :  $267 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Nous reviendrons plus loin sur la variabilité des apports du lac. On peut néanmoins déjà constater que l'évolution de ceux-ci suit étroitement celle du Chari (fig.8) et qu'il y a entre 1962 et 1973 une diminution nette et assez progressive des débits, évolution qui déclenchera, à partir de 1973, l'assèchement du lac Tchad.

## 2.2 LE LOGONE

Dans la zone considérée, le Logone présente les mêmes caractères généraux de pente et de cours que le Chari. Le régime hydrologique du Logone inférieur est cependant nettement différent car le mode d'écoulement du Logone inférieur est caractérisé par une dégradation du lit permettant des déversements latéraux et des émissions de défluent sur les deux rives. Lors des basses eaux il ne reçoit aucun tributaire. A la crue le niveau des eaux du Logone est supérieur à celui des plaines situées au-delà des bourrelets du berge du lit majeur, d'où des déversements aux endroits où ceux-ci s'abaissent ou s'ouvrent.

Sur la rive droite, il n'y a de déversement notable qu'en amont de la zone qui nous intéresse ici. Ils contribuent à l'inondation de la plaine entre Logone et Chari; d'une part par des déversements en aval sur la rive droite du fleuve; d'autre part par le "Grand Courant" qui prend naissance en aval de Laï. Les zones inondées de la rive droite sont drainées par la Koulambou (ou N'Gourkoula) qui rejoint le Logone un peu en amont de Logone-Gana (fig.4). Par ailleurs, la Loumia peut faire communiquer Chari et Logone aux hautes eaux.

Sur la rive gauche, il n'existe qu'un défluent important : le Logomatia ne ramène au Logone, quarante kilomètres en aval, qu'une faible partie des eaux de la plaine rive gauche : selon Bouchardeau (*in* Billon et al., 1969) en octobre 1955, sur les  $141 \text{ m}^3/\text{sec}$  qui coulaient dans le Logomatia, 116 allaient dans la plaine inondée et 25 retournaient au fleuve.

Le régime du Logone est profondément perturbé par les pertes subies tout au long de son cours. Celles-ci ont une influence telle que les modules diminuent de l'amont vers l'aval, à l'inverse de la normale. C'est ce qu'illustrent le tableau V et la figure 9 qui correspondent aux valeurs

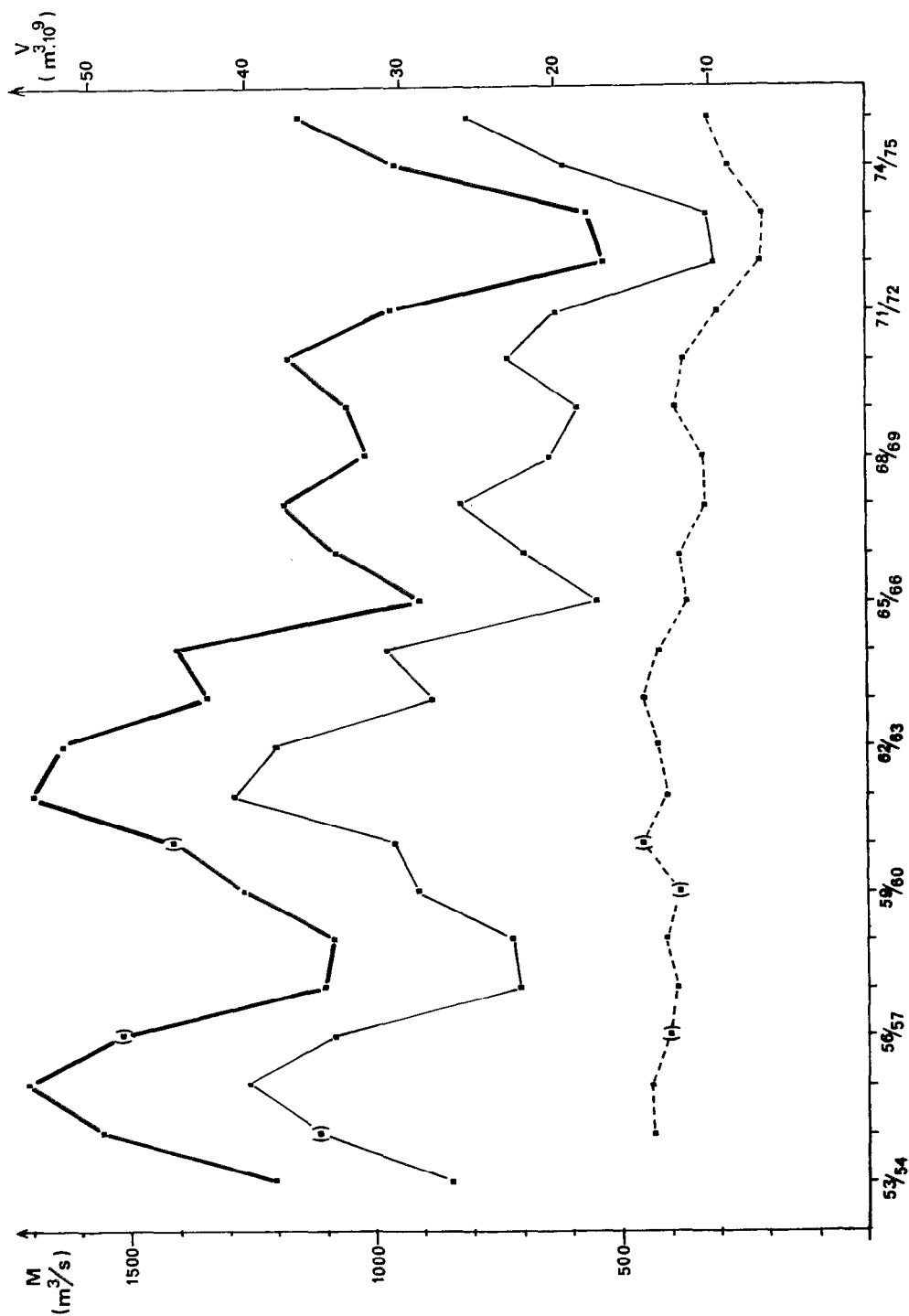


Figure 8 Variations interannuelles des modules (M, m³/sec) et des volumes totaux écoulés (V, 10⁹ m³/a) en amont du confluent, Logone-Birni (-----) et Maïlao (—), et après le confluent à N'Djamena (—) de 1953 à 1976.

moyennes mensuelles approchées à partir des valeurs disponibles entre 1953 et 1976 (18 à 23 pour Bongor, 10 à 15 pour Katoa, 14 à 17 pour Logone-Birni).

Tableau V Modules mensuels moyens approchés pour trois stations du Logone (Bongor, Katoa et Logone-Birni) entre 1953 et 1976.

MOIS	A	M	J	J <sup>t</sup>	A <sup>t</sup>	S	O	N	D	J	F	M	$\bar{m}$
BONGOR	59	82	123	467	1137	1820	2020	726	221	131	91	63	578
KATOA	79	112	188	447	966	1268	1152	580	260	169	123	92	453
LOGONE-BIRNI	61	80	141	320	537	727	832	787	388	160	98	66	350

Alors que l'hydrogramme moyen à Bongor est très élevé (plus de 2.000 m<sup>3</sup>/sec en octobre), la crue est écrêtée à Katoa où elle reste étale pendant plusieurs semaines : au-dessus d'un certain débit les eaux s'écoulent de part et d'autre dans les plaines des rives droite et gauche, soit en moyenne de la mi-août à la mi-octobre (fig.9). Le module moyen est en conséquence nettement inférieur à Katoa : 453 m<sup>3</sup>/sec au lieu de 578 à Bongor. Entre Katoa et Logone-Birni le bilan est à nouveau négatif et l'apport du Ba-Illi du Nord n'arrive pas à compenser les pertes, notamment vers le Nord Cameroun par l'intermédiaire du Logomatia. Le module moyen à Logone-Birni n'est plus que de 350 m<sup>3</sup>/sec. On peut donc dire qu'en année moyenne le Logone perd environ 230 m<sup>3</sup>/sec entre Bongor et le confluent avec le Chari. Autrement dit, alors que le volume total écoulé à Bongor est en moyenne de 18 milliards de m<sup>3</sup>, il n'est plus que de onze au confluent. Ajoutons que le cas de très faibles crues, comme celles de 1972-73 et 1973-74, est différent : les écoulements latéraux sont alors réduits et l'écart n'est plus que de 70 à 100 m<sup>3</sup>/sec (fig.10).

L'écêtement des crues du Logone a un résultat remarquable : la stabilité relative des apports au confluent de N'Djamena, le module variant de 471 à 360 m<sup>3</sup>/sec au cours de la période 1953-71 avec une moyenne de 387 m<sup>3</sup>/sec soit la moitié environ de celui du Chari. Il tombe à 228 m<sup>3</sup>/sec en 1972-73. L'écart-type sur la période n'est que de 68 m<sup>3</sup>/sec contre 267 pour le Chari, ce qui correspond à un coefficient de variation- défini par  $\frac{100 \sigma}{\bar{m}}$  - double environ pour le Chari : 32,8 contre 17,6. Bien entendu, cette stabilité apparente ne reflète que les apports terminaux; il est plus instructif à cet égard de considérer les modules annuels à Laï-Bongor (tableau IV et fig.10) pour lesquels la variance est du même ordre que celle du Chari. Il est par ailleurs intéressant de constater que le diagramme pluriannuel entre 1953 et 1976 présente certains points communs quand on compare Maïlao et Bongor-Laï (fig.8 et 10). Ce n'est pas ici le lieu de développer cet aspect, mais il est possible que d'éventuelles ressemblances soient le reflet d'un contexte hydroclimatique proche sur les bassins versants du Haut-Chari et du Haut-Logone.

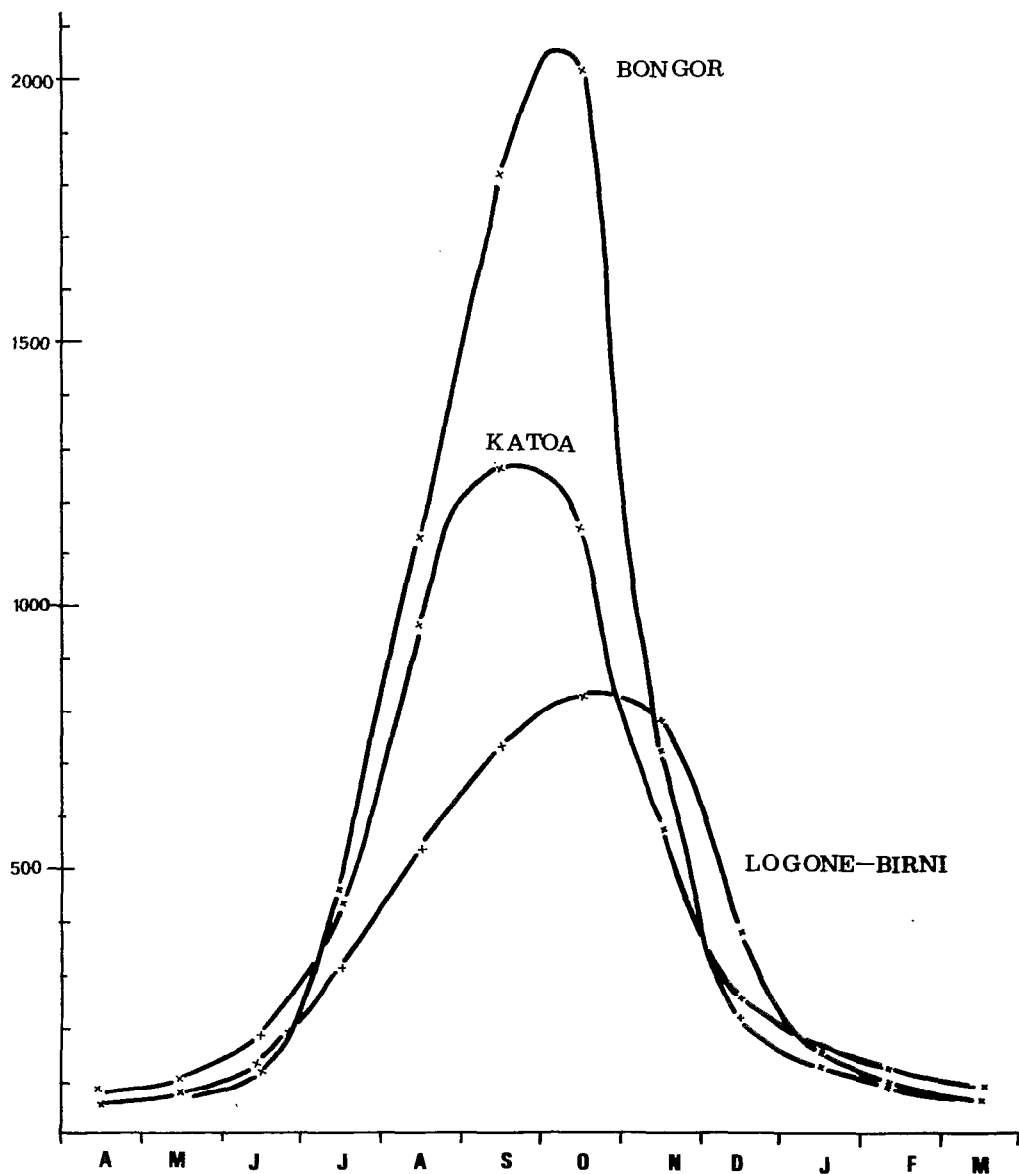


Figure 9 Modules mensuels moyens ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ) pour trois stations du Logone : Bongor, Katoa et Logone-Birni.

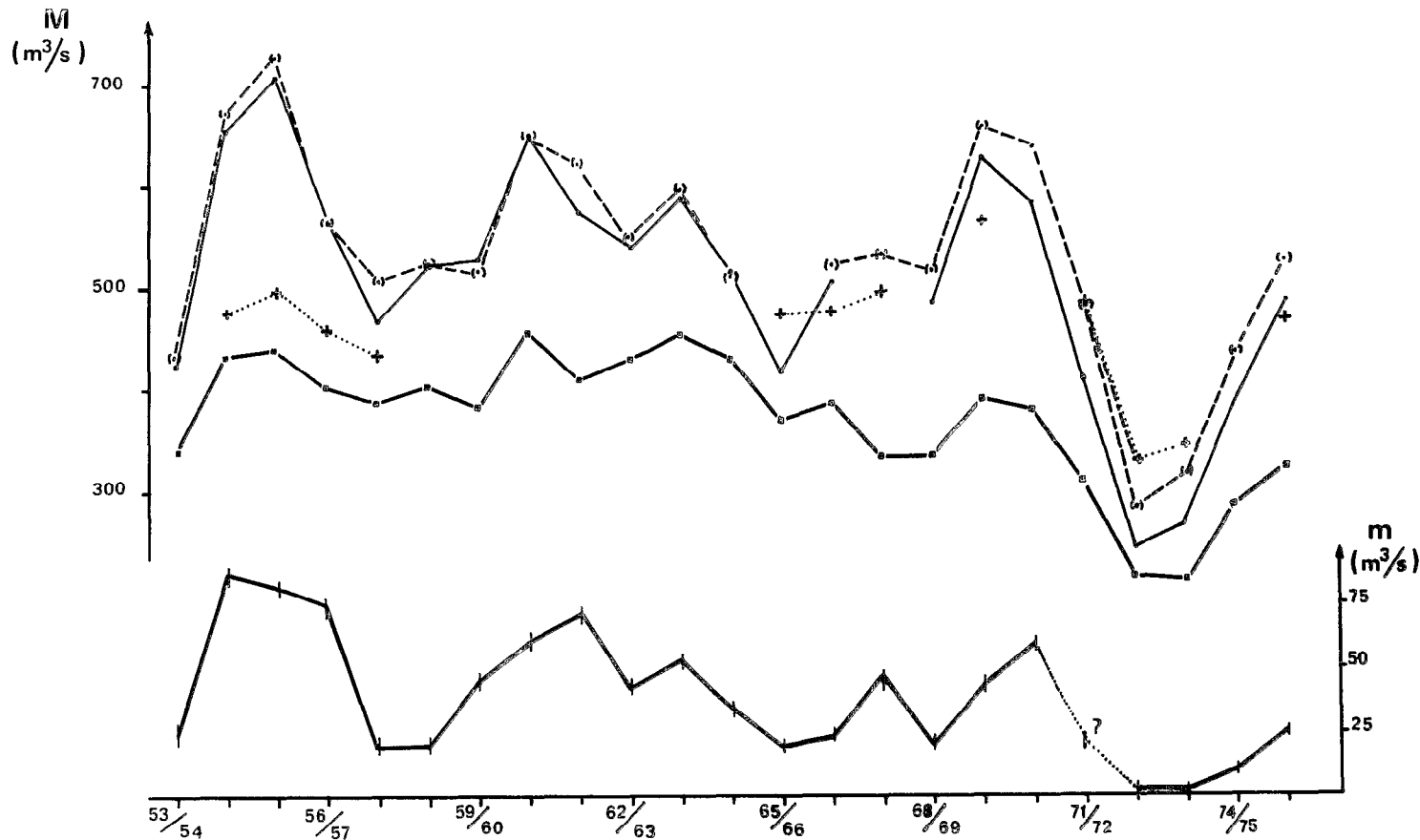


Figure 10 Variations interannuelles des débits pour diverses stations du Logone (M) (Laï : •—• ; Bongor : - - - - ; Katoa : + · · · · + ; Logone-Birni : ■—■ ) et l'El Beïd (m) (Fotokol : —+—+). Les points entre parenthèses correspondent à des mesures extrapolées.

### 2.3 LES MILIEUX TEMPORAIRES

#### 2.31 La grande plaine d'inondation du Nord-Cameroun

Cette très vaste zone d'inondation, ou "yaéré", s'étend sur 5.000 km<sup>2</sup> environ du Logone et du Chari à l'est au Centre Massif du Nord-Cameroun (Monts Mandaras) à l'ouest et au sud et débouche vers le lac Tchad au nord (fig.4). Cette plaine, très plate, est recouverte en majeure partie de formations fluvio-lacustres quaternaires du Paleotchad.

La plaine est extrêmement plate, interrompue seulement par des buttes, le plus souvent artificielles, sur lesquelles sont installées des villages Kotokos. Ces buttes et les bourrelets de berge portent les quelques arbres, le reste de la végétation étant exclusivement herbacé. On trouve çà et là des dépressions, mares ou points d'eau en saison sèche, "boutas" profondes lors des hautes eaux qui permettent alors une circulation plus facile que dans la plaine. Celle-ci, encombrée d'herbes denses, est recouverte de 0,70 à 1 mètre d'eau. Le régime d'inondation commence par des précipitations, à partir de la mi-juillet en moyenne; un mois après, celles-ci ont fait monter le niveau de 30 cm environ. L'inondation du Logone ne se fait sentir qu'en septembre généralement. En décembre les eaux se retirent et l'on peut utiliser de nouveau en janvier ou février les pistes de la réserve de Waza.

Le drainage de la zone inondée s'effectue par l'intermédiaire de la Diaoua et de la Dourma qui rejoignent la Kalia, elle-même affluent de l'El Beïd qui va se jeter dans la région la plus méridionale du lac Tchad (fig.5).

#### 2.32 Les rivières El Beïd et Yobé

Bien que leurs apports au lac Tchad ne représentent que 5% du total, ces deux cours d'eau intermittents (fig.4) jouent un rôle important - surtout l'El Beïd - dans les migrations de nombreuses espèces et, particulièrement, celles des *Alestes baremoze* (Durand, 1970a, 1971; J. Hopson, 1969 et 1972).

L'El Beïd ne coule donc que cinq à huit mois par an quand arrivent les eaux de la plaine du Nord-Cameroun : par l'El Beïd, elles s'écoulent vers le lac Tchad qu'elles rejoignent au sud de la cuvette sud. L'El Beïd a un lit bien marqué, de 40 à 60 m de large, qui ne contient à l'étiage (d'avril à juillet) qu'un chapelet de mares boueuses. En août et septembre parviennent les premiers ruissellements des yaérés. Le maximum de la crue ne se produit qu'en décembre; l'El Beïd déborde alors largement de son lit. La décrue dure jusqu'à la fin du mois de mars (fig.11).

L'irrégularité des crues de l'El Beïd est très forte: sans tenir compte d'années exceptionnelles comme 1972-73 et 1973-74 où le Logone n'a pas

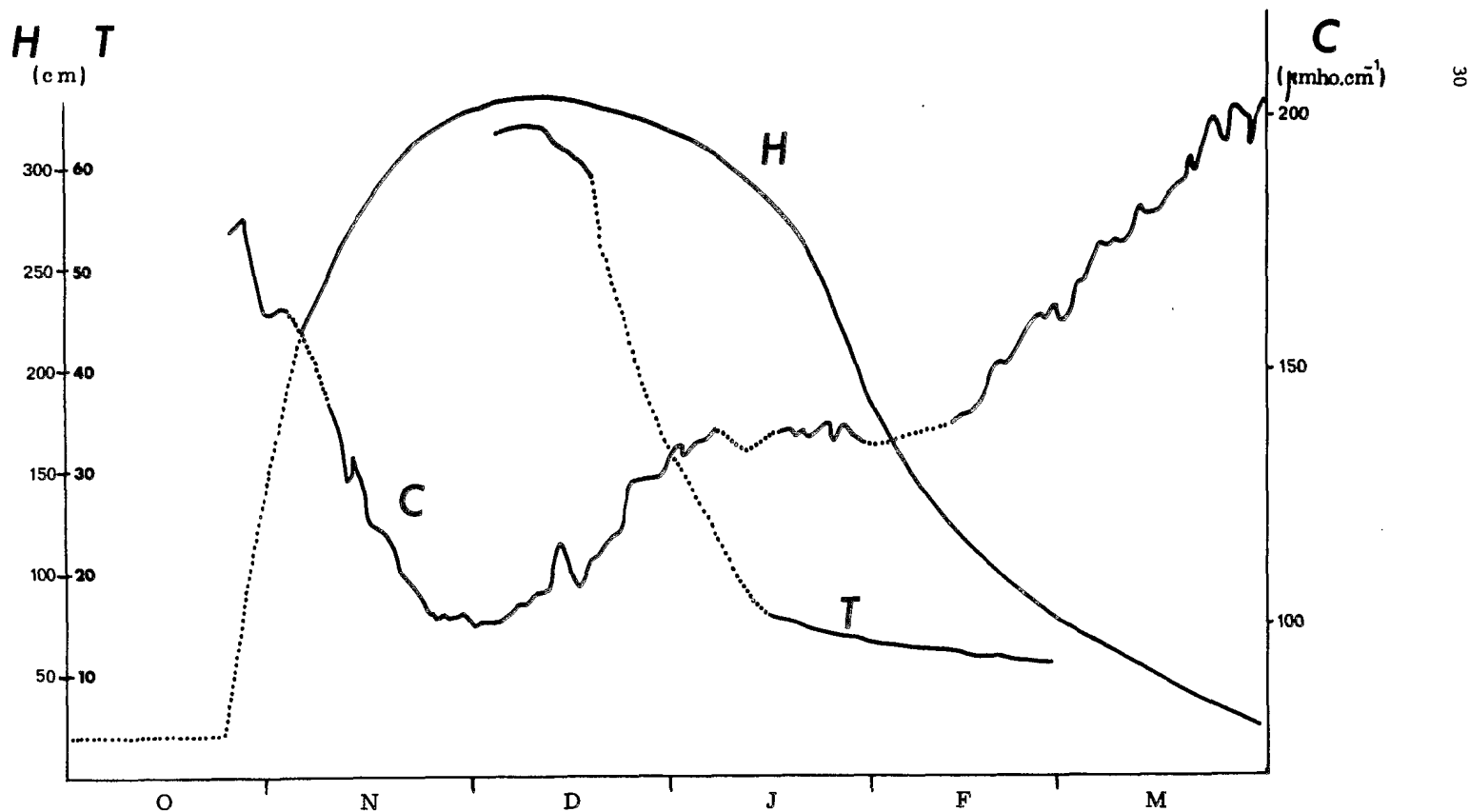


Figure 11 El Beïd : niveau (H) et transparence (T) à Daga; conductivité (C) à Tildé de décembre 1968 à février 1969. Les pointillés correspondent à des mesures extrapolées.



inondé la plaine du Nord-Cameroun, les modules moyens estimés entre 1953 et 1969 ont varié entre  $87,5 \text{ m}^3/\text{sec}$  (1954-55) et  $19,5$  (1957-58 et 1965-66) (Touchebeuf de Lussigny, 1969b). Les données hydrologiques concernant l'El Beïd sont assez fragmentaires et nous avons dû recourir à un bon nombre d'extrapolations pour reconstituer les modules moyens annuels (tableau IV et figure 10). D'après Billon (1965) ... "on peut estimer que sur une longue période le module de l'El Beïd serait voisin de  $50 \text{ m}^3/\text{sec}$  correspondant à un volume annuel de  $1,6 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ". Ce volume ne représente que 4% du volume annuel moyen apporté par le Chari. En fait, si l'on considère les années pour lesquelles des estimations ont pu être faites (1953-76), le module moyen est de l'ordre de  $40 \text{ m}^3/\text{sec}$  (tableau IV). Les crues de l'El Beïd sont bien évidemment sous la dépendance des crues du Logone, l'alimentation de la plaine du Nord-Cameroun étant d'autant plus forte que la crue du Logone est forte et prolongée au-dessus du niveau à partir duquel il y a écoulement depuis le Logomatia dans la plaine en contrebas.

Tout au long de la crue et de la décrue, deux paramètres varient de façon remarquable : la transparence et la conductivité (fig. 11), en relation avec les origines diverses des eaux d'inondation par mélange progressif de deux masses d'eaux distinctes : d'une part l'eau de première inondation correspondant aux précipitations de juillet et août, avant que les déversements du Logone ne commencent, il s'agit là d'une eau fortement minéralisée car plus ou moins stagnante et concentrée par l'évaporation et dissolution des sels accumulés en saison sèche; d'autre part les eaux du Logone qui ont une conductivité plus faible, de l'ordre de  $60 \mu\text{mhos} \cdot \text{cm}^{-1}$  avant de se déverser dans les yaérés (Roche, 1973). La transparence n'est jamais très forte, de 65 cm au début de la crue, elle passe à 10 cm en février et à 3 cm en mai (fig. 11). Le changement brutal correspond à l'arrivée des eaux de drainage de la plaine inondée, chargées d'argile en suspension et donc laiteuses et opaques.

L'importance de l'El Beïd pour les poissons tient à deux caractères particuliers :

- c'est le lien entre la plaine inondée du Nord-Cameroun, lieu de rassemblement pour les alevins de nombreuses espèces à qui elle offre abri et nourriture, et le lac Tchad;
- c'est un itinéraire de dévalaison privilégié étant donné la chronologie des alimentations en eau de la plaine inondée (Durand, 1970a).

Ceci explique qu'il s'y soit développé une pêche traditionnelle intensive à partir de barrages (200 environ en activité en 1968-1969) et de haveneaux.

La rivière Yobé est relativement moins bien connue. C'est aussi une rivière intermittente dont la crue se produit en général fin juillet pour

cesser en avril ou mai (J. Hopson, 1972). L'apport annuel au lac est très faible, de l'ordre de  $0,6.10^9 \text{ m}^3$  (Touchebeuf de Lussigny, 1969b) alors que le bassin versant est relativement important, de l'ordre de  $85.000 \text{ km}^2$ , s'étendant au delà de Kano vers l'ouest de la Nigéria, jusqu'au plateau de Jos. La Yobé se jette dans le lac Tchad vers le milieu de la côte occidentale de la cuvette nord du lac Tchad; elle matérialise à ce niveau la frontière entre les républiques du Niger et de la Nigéria.

### 3 - LE LAC TCHAD

Cette collection d'eaux plates est caractérisée par un volume moyen du même ordre que celui des apports moyens puisque ceux-ci ne représentent que deux tiers environ de celui-là. D'où les fluctuations très importantes du niveau du lac, fonction de l'irrégularité des apports fluviaux. La connaissance de l'hydrologie conditionne donc celle des différents visages du lac Tchad.

#### 3.1 LE CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Le lac est principalement alimenté par les eaux d'origine fluviale dont 95% proviennent du Chari et 5% de l'El Beïd et de la Yobé (Billon et al., 1974 et 1969; Touchebeuf de Lussigny, 1969 b). Les pluies ne représentent que 10% des apports totaux. Les pertes sont dues aux infiltrations et, surtout à l'évaporation : la permanence des vents et la présence pendant la moitié de l'année des masses d'air tropicales sèches, la forte insolation et les températures de l'air élevées sont autant de facteurs qui favorisent celle-ci. Cette évaporation, dont les valeurs mensuelles varient de 0,155 m en août à 0,230 m en octobre est chaque année de l'ordre de 2,10m pour le Grand Lac(1) (Carmouze, 1976).

En période d'équilibre le lac présente un cycle annuel peu marqué, fonction de la chronologie des apports et des pertes. L'amplitude annuelle moyenne est de l'ordre de 0,80m (fig.11). L'influence de la crue du Chari se fait normalement sentir à partir de septembre ou octobre et est encore prédominante en janvier, époque du maximum annuel. Ensuite l'arrivée des eaux du Chari n'est plus suffisante pour compenser l'évaporation. Celle-ci rend

(1) Cette appellation correspond à un lac de 20.000 à 24.000  $\text{km}^2$ . Bien que la baisse du plan d'eau ait été constante depuis 1964, c'est ce type de lac qui a existé jusqu'en 1971. Il est caractérisé par des surfaces d'eaux libres importantes, tant dans la cuvette sud que la cuvette nord et la circulation par voie d'eau est possible pratiquement partout.

pratiquement compte à elle seule de la baisse moyenne du lac entre janvier et août, baisse qui est de l'ordre de 80 centimètres.

L'équilibre est en fait rarement réalisé à l'échelle annuelle étant donné, d'une part le fort coefficient de renouvellement des eaux lacustres (apports de l'ordre de  $40.10^9 \text{ m}^3$  en moyenne pour un volume total de 70 à  $90.10^9 \text{ m}^3$  environ dans le cas du Grand Lac), d'autre part l'irrégularité des apports qui peuvent varier du simple au triple ainsi qu'en témoignent les extrêmes enregistrés entre 1953 et 1974 : 53,7 milliards de  $\text{m}^3$  en 1961-62 et 17,5 milliards en 1972-73 (fig.7). Les fluctuations des pertes sont notables elles aussi : de 54 à 38 milliards de  $\text{m}^3$ , en fonction de l'évaporation et donc de la surface en eau. On peut d'ailleurs remarquer qu'en raison du remplissage saisonnier du lac et de sa morphologie, le coefficient de renouvellement annuel des eaux est variable selon les régions et l'extension du lac. Il est de l'ordre de 70 à 100% dans la majeure partie de la cuvette sud; contre 40% seulement dans la cuvette nord.

Nous avons vu que les apports du Chari au lac ont été particulièrement variables durant les quinze dernières années (fig.8). En fait, à partir de 1965-66, les crues ont pratiquement toujours été inférieures à la moyenne avec comme extrêmes les deux crues successives très déficitaires de 1972-73 et 1973-74. Sur onze ans, de 1954-55 à 1964-65, le module moyen est de  $1435 \text{ m}^3/\text{sec}$ , alors qu'il tombe à  $968 \text{ m}^3/\text{sec}$  pour les onze années suivantes. Et même si l'on ne tient pas compte des deux années exceptionnelles, le module moyen de  $1060 \text{ m}^3/\text{sec}$  indique que l'assèchement du lac était amorcé depuis sept à huit ans. Le déficit annuel moyen a été de quatre milliards de  $\text{m}^3$  entre 1965-66 et 1971-72, d'où la baisse lente et régulière du niveau du lac (fig. 12). A partir de 1972-73 se produit une accélération et l'on passe d'un lac de  $20.000 \text{ km}^2$  à un lac réduit à plusieurs petites collections d'eau en septembre 1974. Il est intéressant de considérer les variations de surface et de volume du lac en fonction de la cote du plan d'eau à partir de courbes morphométriques établies par Gras et Carmouze (Carmouze, 1976), (fig.13 et 14) : on peut estimer que le volume total du lac est passé de 105 à moins de 10 milliards de  $\text{m}^3$  entre 1962-63 et septembre-octobre 1974..

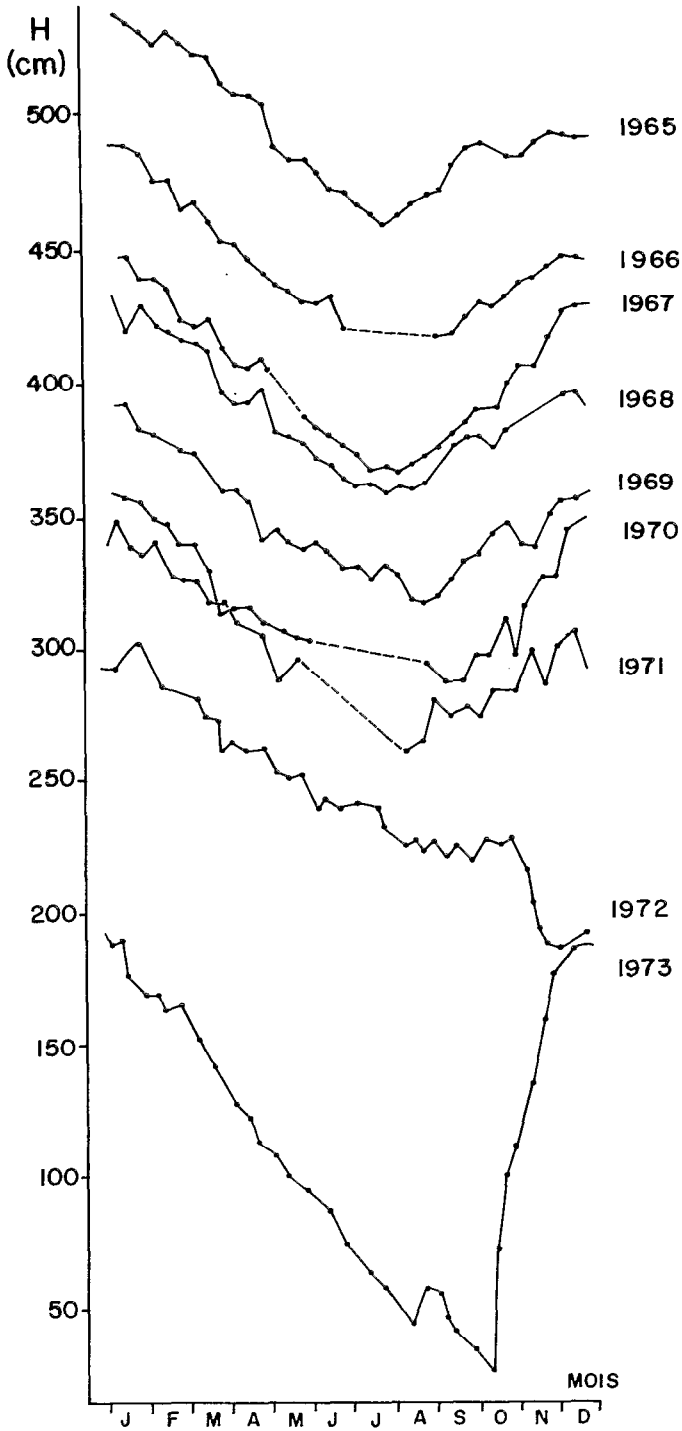


Figure 11 Niveau du lac à l'échelle de Bol (archipel sud-est). A partir de février 1973, le morcellement du lac intervient et l'échelle de Bol n'est plus représentative que d'une partie de l'archipel ou de l'ensemble de la cuvette sud.

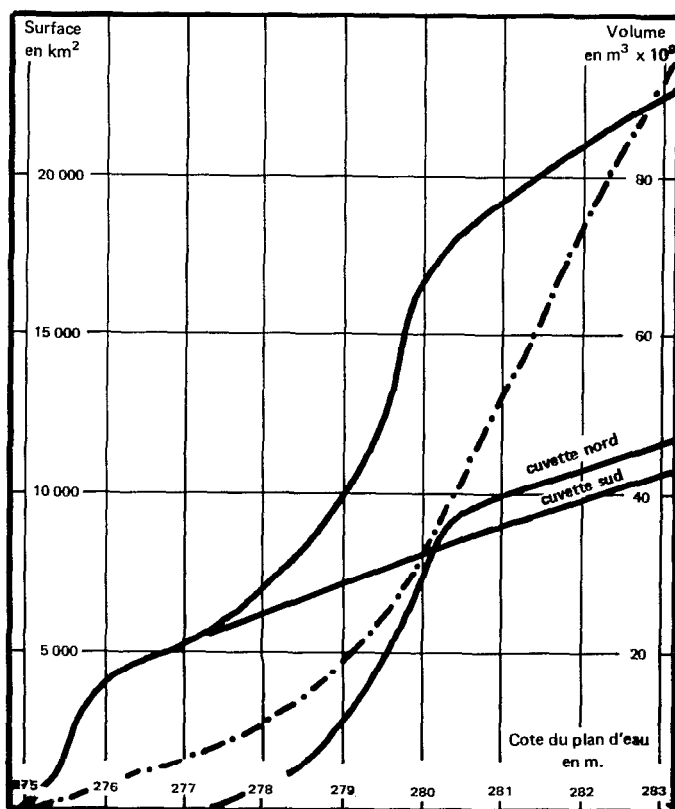


Figure 13 Variations de la surface des deux cuvettes (—), de la surface totale et du volume total (·-·-·) en fonction du niveau de l'eau (d'après Carmouze, 1976).

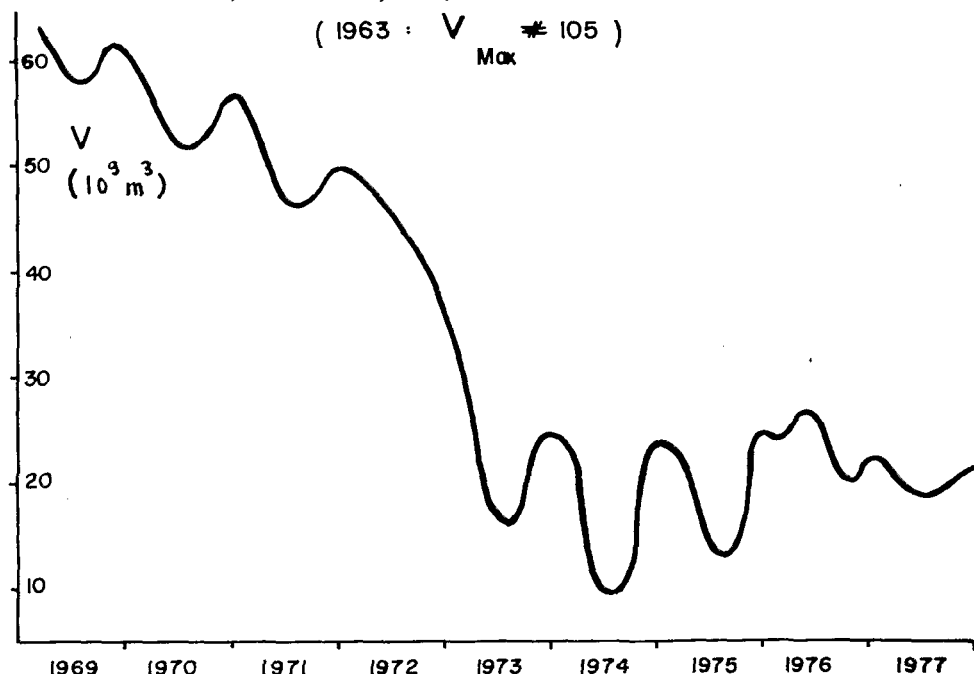


Figure 14 Allure des variations interannuelles du volume total du lac V, en milliards de m³. A partir de février 1973 le lac est morcelé en plusieurs collections d'eaux.

### 3.2 REGIONS NATURELLES DU LAC

On ne peut faire une description unique d'un milieu en perpétuelle évolution. Nous avons donc choisi un lac moyen, celui que nous avons connu entre 1966 et 1971. Sa surface oscillait entre 19 et 21.000 km<sup>2</sup> et le volume a varié approximativement de 90 à 50 milliards de mètres cubes au cours de cette période (fig.14). Ensuite sera abordée la description des petits lacs Tchad (1972-1977).

#### 3.21 Paysages du lac moyen

Par sa configuration côtière le lac peut être divisé en deux cuvettes, nord et sud, de part et d'autre d'un axe passant par Baga Kawa et Baga Sola (fig.15). Cette division est également justifiée par le fait que le fond du lac, tout en restant très plat, présente un décrochage relatif un peu au nord de l'axe défini ci-dessus : alors que les fonds de la cuvette sud ne descendent pas au-dessous de 277,5 m ceux de la cuvette nord atteignent 274,5m.

Les deux cuvettes sont bordées à l'est et au nord par un erg fixé dont les sommets de dunes orientés sud-est nord-ouest forment un vaste archipel. Celui-ci est prolongé vers l'intérieur du lac par des îles de végétation ou îlots-bancs correspondant à des hauts fonds dunaires colonisés par des phanérogames aquatiques : *Phragmites*, *Papyrus* ... A la cote 281,5, cote moyenne du plan d'eau de 1968 à 1971, la surface du lac est de 20.500 km<sup>2</sup>, celle de la zone d'archipel, 6.200 km<sup>2</sup> et celle des îlots-bancs, 8.650 km<sup>2</sup>. Les eaux occupent 53% de la surface de l'archipel et 80% de celle des îlots-bancs. Les nombres d'îles et îlots-bancs sont respectivement estimés à 1.050 et 850, leur superficie moyenne à 2,4 km<sup>2</sup> (Carmouze et Dupont, 1970)

Le lac peut être subdivisé en une dizaine de régions naturelles en fonction des grands traits morphologiques et de la répartition des différents paysages lacustres (Archipel, Ilots-bancs, Eaux libres) (fig.15).

#### Cuvette nord :

- Eaux libres du nord : vaste région de 4.000 km<sup>2</sup>, elle est dépourvue de toute île ou îlot-banc. La profondeur, qui augmente progressivement du sud au nord, passe de quatre à sept mètres (1).

---

(1) La cote de référence choisie ici est de quatre mètres à l'échelle de Bol, correspondant à une altitude de 281, 87 mètres.

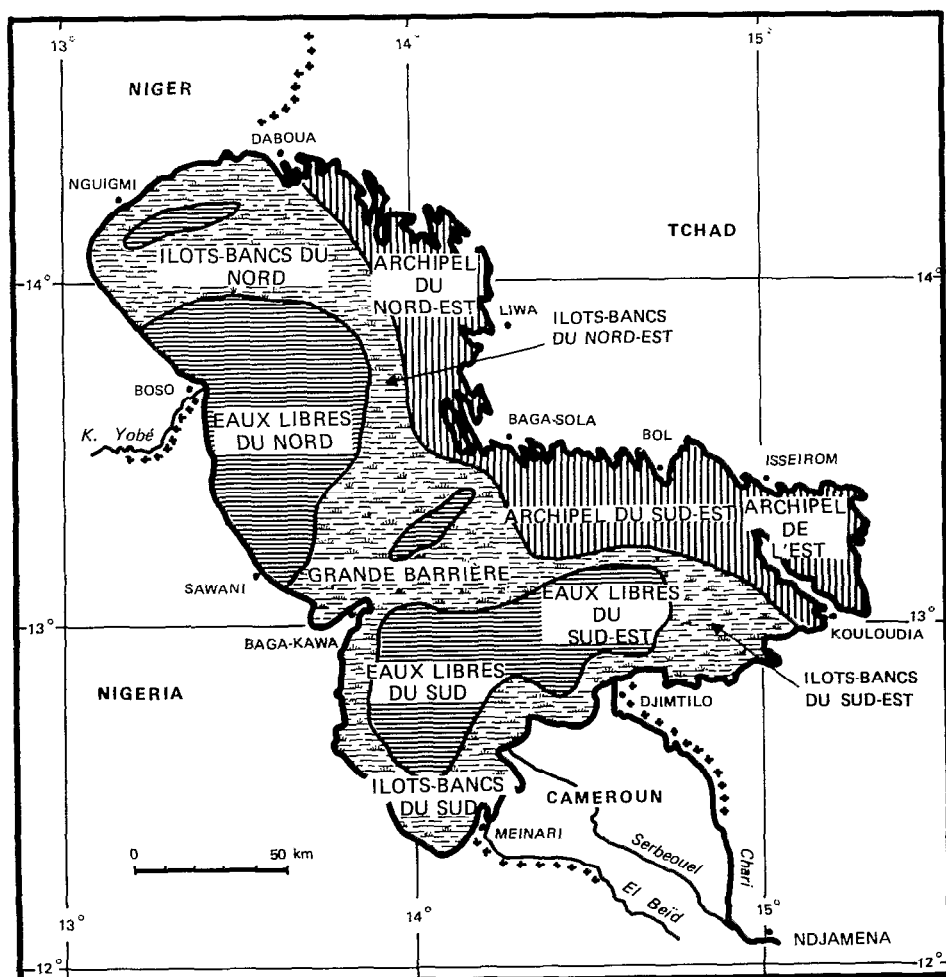


Figure 15 Paysages du lac Tchad moyen à la côte 281,9 m (in Carmouze, 1976).

- Îlots-bancs du nord : c'est la région la plus profonde du lac, de cinq à huit mètres; les îlots sont vastes et très clairsemés : 83% de cette région est en eau.
- Archipel nord-est : région légèrement moins profonde (quatre à six mètres), elle est constituée d'îles sableuses plates et fréquemment ceinturées par des herbiers à *Potamogeton* et à *Najas*. Elles occupent 48% de la surface totale.

#### Cuvette sud :

- Les eaux libres de la cuvette sud sont divisées en eaux du sud-est et eaux libres du sud qui définissent deux zones de profondeur différentes : respectivement trois à quatre mètres et deux à trois mètres. Les eaux libres du sud-est, situées au débouché du Chari représentent la seule région permanente du lac en toutes circonstances.
- Les îlots-bancs du sud-est représentent une région peu profonde (deux à trois mètres) dont la partie méridionale est occupée par de grandes surfaces d'herbiers immergés. Les îlots-bancs du sud bordent la côte méridionale et englobent le débouché de l'El Beïd. Les profondeurs sont de l'ordre de deux mètres.
- L'Archipel est subdivisé par l'avancée d'un cordon dunaire à partir de Kouloudia en archipel sud-est et archipel est. Les profondeurs sont comprises entre 2,5 et 4 mètres. La surface en eau est plus importante dans l'archipel sud-est : 62% contre 49% dans l'archipel est.

La région de la Grande Barrière représente une zone de communication entre les deux cuvettes. La faiblesse des profondeurs (deux à trois mètres) la rattache à la cuvette sud.

On peut enfin noter que l'on trouve quatre types principaux de sédiments lacustres (Dupont, 1970) : sable, argile, pseudo-sable et vase. Cette dernière couvre 50% environ des fonds du lac. Le pseudo-sable n'est trouvé que dans la cuvette sud alors que le sable est localisé le long de la côte méridionale, au débouché des fleuves ainsi qu'à l'est du delta du Chari. La nature des fonds ne nous intéresse pas directement ici puisque les *Alestes baremoze* sont zooplanctophages, il y a néanmoins des conséquences indirectes sur l'utilisation possible de certains moyens de pêche, en fonction de la consistance ou de la propreté du fond.

### 3.22 Evolution et assèchement

La description ci-dessus est restée valable de 1966 à 1971. A partir de 1972, le lac a subi une baisse brutale qui a affecté différemment les deux cuvettes. Dans la cuvette sud, la très faible crue de 1972 a eu pour



conséquence l'exondation des zones les plus élevées, à savoir le sud du lac, la partie méridionale de l'archipel et la grande barrière. A partir de mars 1973 l'archipel sud-est était complètement isolé du reste du lac et, en septembre 1973, la cuvette se réduisait à une poche d'eaux libres devant le delta du Chari et à quelques grandes mares dans le nord de l'archipel sud-est (fig.16a). Dans la cuvette nord, les effets de la décrue sont moins spectaculaires. A partir de juillet 1973, les deux cuvettes sont séparées et la grande barrière est complètement exondée. La cuvette nord, coupée de son alimentation, voit sa surface se réduire lentement.

La crue de 1973-74 est elle aussi très déficitaire et a surtout servi à remplir la cuvette sud puisqu'il n'y a eu que quelques infiltrations en décembre 1973 et janvier 1974 dans la cuvette nord (Chouret et Lemoalle, 1974).

Dans la cuvette sud en 1974 l'évolution générale est analogue à celle constatée en 1973 puisque le niveau de l'eau en début d'année est pratiquement le même. La seule différence est constituée par la présence de végétation, déjà très abondante avant la nouvelle exondation. Dans le nord du lac par contre, le niveau a beaucoup baissé par rapport à l'année précédente (entre 2 et 2,50m), puisqu'il n'y a pratiquement pas eu d'apports depuis juillet 1973. De très nombreuses îles sont apparues et l'ancienne zone d'eaux libres est devenue un archipel. L'étiage en 1974 se caractérise donc par une surface totale encore plus réduite qu'en 1973 (fig.16b).

La crue 1974, elle, sans atteindre la moyenne, est nettement plus importante que les deux crues précédentes. Ceci a pour conséquence de remplir à nouveau la cuvette sud et de submerger la grande barrière. Il y a donc un certain apport d'eau dans la cuvette nord pendant les premiers mois de 1975. Cependant, celui-ci est très loin de compenser le déficit précédemment accumulé et l'évolution générale amorcée depuis 1972 aboutit, à l'étiage de 1975, à un assèchement pratiquement total de la cuvette nord où il ne subsiste que quelques mares boueuses, alors qu'au contraire, la cuvette sud a conservé une superficie d'eau plus importante qu'en 1974 (fig.16c).

Par sa rapidité et son importance la baisse du lac a provoqué de profondes modifications sur la végétation aquatique. Là aussi, les deux cuvettes ont connu une évolution divergente. Dans la cuvette nord, les Macrophytes ont en grande partie disparu. Il faut noter, cependant, un développement très marqué d'"Ambadjes" (*Aeschynomene elaphroxylon*) au niveau de la grande barrière. Dans la cuvette sud par contre, la végétation aquatique s'est développée jusqu'à recouvrir la plus grande partie de sa superficie, avec une dominance de papyrus et d'Ambadjes.

Cet exposé schématique montre que les aspects des petits lacs Tchad sont multiples : plusieurs collections d'eau d'importance variable (étiage 1973 ou 1974) ou cuvette sud seule (étiage 1975). L'aspect observé par Tilho au début de 1908 se rapproche de ce dernier cas (fig.16d) : c'est un début de

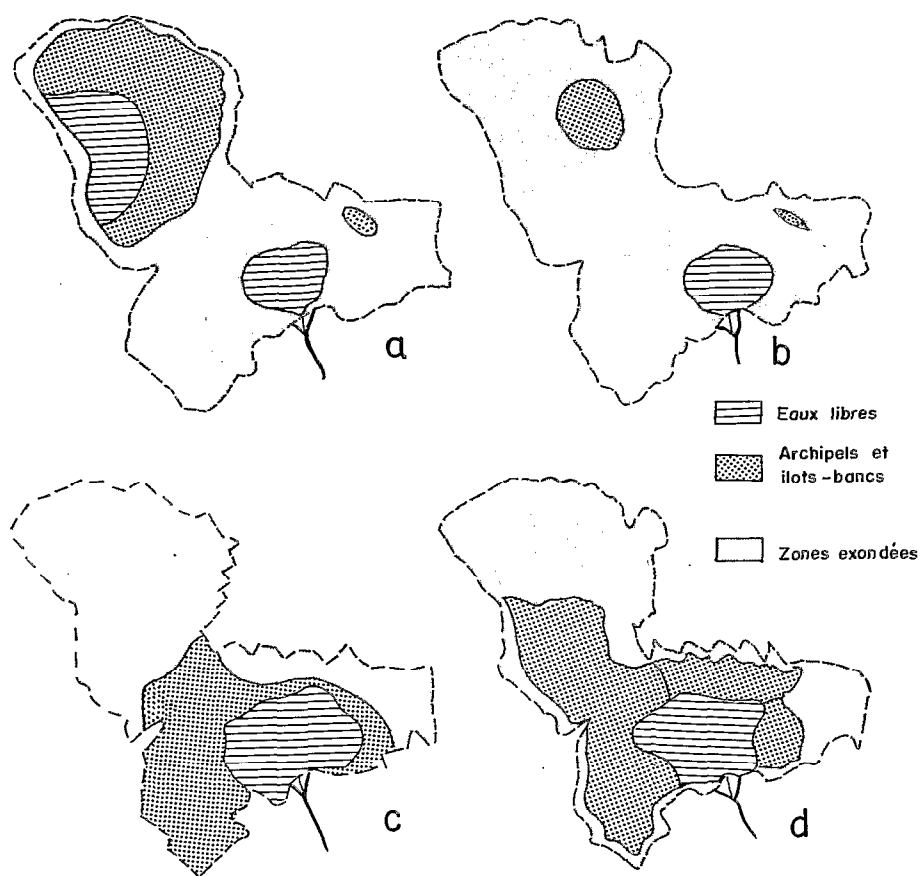


Figure 16

Diverses étapes de l'assèchement du lac Tchad:

- a) septembre 1973 : le lac est scindé en trois parties;
  - b) septembre 1974 : la cuvette nord continue à s'assécher;
  - c) septembre 1975 : la cuvette nord est pratiquement asséchée;
  - d) début 1908 : documents de la mission Tilho.
- Le contour en tiretés est celui du lac "normal".

réinvasion de la cuvette nord par les eaux fluviales qui ont rempli la cuvette sud et occupent le sud de la cuvette nord.

On a pu penser qu'avec la crue 1975-76, un retour à la normale s'amorçait puisque l'apport au lac représentait 37 milliards de mètres cubes et permettait une remise en eau relativement importante de la cuvette nord. En fait, la crue 1976-77, à nouveau faible (de l'ordre de 28 milliards de m<sup>3</sup>), ne permet pas de confirmer la remontée amorcée l'année précédente et à l'automne 1977 on retrouve le même aspect qu'en 1975 : une cuvette sud assez bien développée - car elle recueille l'essentiel des eaux du Chari - et une cuvette nord à peu près totalement asséchée.

Cette persistance des niveaux bas du lac Tchad est sans doute l'indice que la sécheresse que le Sahel a connu ces dernières années n'est pas encore terminée. En tout état de cause, l'assèchement prolongé représente un accident majeur dans l'histoire récente du lac Tchad, d'ampleur au moins comparable à celle observée par Tilho (1908-1915) au début de ce siècle.

### 3.3 *PHYSICO-CHIMIE DES EAUX*

#### 3.31 La transparence

La transparence des eaux (mesurée au disque de Secchi) dans le lac est généralement faible, 20 à 60 cm, ceci en raison de la profondeur peu importante du milieu qui est favorable à la remise en suspension des sédiments sous l'action des vents. Dans certaines régions, l'abondance du phytoplancton peut également intervenir. L'importance de la remise en suspension des sédiments superficiels dépend de la nature des fonds ainsi que de la turbulence du milieu variable selon le type de paysage lacustre (archipel, îlots-bancs, eaux libres) et la profondeur. Ces facteurs régionaux combinés entre eux déterminent des zones de transparence distinctes, marquées de façon très inégale par l'alimentation saisonnière du lac en eaux troubles. C'est ainsi que les eaux libres du sud-est présentent les variations les plus marquées : de dix centimètres en août la transparence passe à cinquante centimètres en mai et juin, époque de l'étiage du Chari. La transparence maximale est de l'ordre de 1,50 m valeur que l'on peut rencontrer aux extrémités des bras dans les régions d'archipel. Là aussi, le niveau du lac joue un rôle important. C'est ainsi que dans l'archipel sud-est (Bol) la transparence est passée de 1,15 à 0,20 m entre 1964 et 1971 (Gras et al., 1967; Lemoalle, 1973).

### 3.32 Salure des eaux

Dans le cas du lac moyen ou grand, la salure des eaux lacustres est comprise entre 70 et 1.000 mg de sels dissous par litre, ou encore, lorsqu'il s'agit de mesures de conductivité des eaux ramenées à 25°C, entre 50 et 1.100  $\mu\text{mhos.cm}^{-1}$ . Ces valeurs classent le lac Tchad dans la catégorie des lacs d'eaux douces (fig.17a).

D'après les résultats dont nous disposons depuis 1967, la salure moyenne, qui est de l'ordre de 200-300 mg de sels dissous par litre, reste approximativement constante à l'échelle pluriannuelle. Les apports fluviaux en sels sont donc équilibrés par les pertes. Celles-ci proviennent des infiltrations d'eaux dont le volume est estimé en moyenne à 7,5% des apports fluviaux et de l'élimination partielle de certains sels dissous (Carmouze, 1971). Les sels éliminés sont, par ordre d'importance, des silicates dissous, des ions calcium, magnésium et potassium qui participent à des genèses argileuses (Carmouze, 1976). Si ce phénomène, qui provoque la dessalure partielle des eaux, n'existait pas, la zone de coprécipitation des carbonates de calcium et de magnésium, restreinte actuellement à la bordure nord du lac, s'étendrait sur l'ensemble de la cuvette nord et de l'archipel est; de plus, les eaux seraient en permanence saturées en silicates (125 mg de  $\text{SiO}_2/\text{l}$ ) dans ces deux parties du lac ainsi que dans l'archipel sud-est, les eaux libres du sud, les îlots-bancs du sud et la grande barrière en période d'étiage du Chari (de mars à juillet). Cette dessalure est un phénomène différentiel car les phénomènes physico-chimiques qui se manifestent dans le lac entraînent, par rapport au sodium, une diminution relative des silicates, du calcium, du magnésium et, à un degré moindre, du potassium.

Dans ce milieu fermé, il existe une gradation permanente de la salure des eaux : elles sont d'autant plus salées qu'elles sont éloignées du delta, l'accroissement de leur salure, dû à l'évaporation, étant principalement fonction de leur âge. La salure égale à 70 mg/l dans le delta (soit 55  $\mu\text{mhos}$ ), atteint dans les îlots-bancs du nord, dans l'archipel est et dans les îlots-bancs du sud des valeurs qui sont respectivement de l'ordre de 850, 540 et 250 mg/l (soit 900, 550 et 200  $\mu\text{mhos}$ ).

Les valeurs de pH sont comprises entre 7 et 9. Les eaux de la cuvette sud ont un pH compris entre 7 et 8, exceptées celles de l'archipel est, dont le pH peut atteindre 8,5. Dans la cuvette nord, les eaux des eaux libres du nord ont un pH très variable selon la saison (7,5 en décembre; 8,5 en septembre); dans les extrémités de bras de l'archipel nord-est le pH peut atteindre 9.

L'assèchement du lac retentit aussi, bien entendu, sur la physico-chimie. L'évolution des conductivités entre 1973 et 1977 montre que les

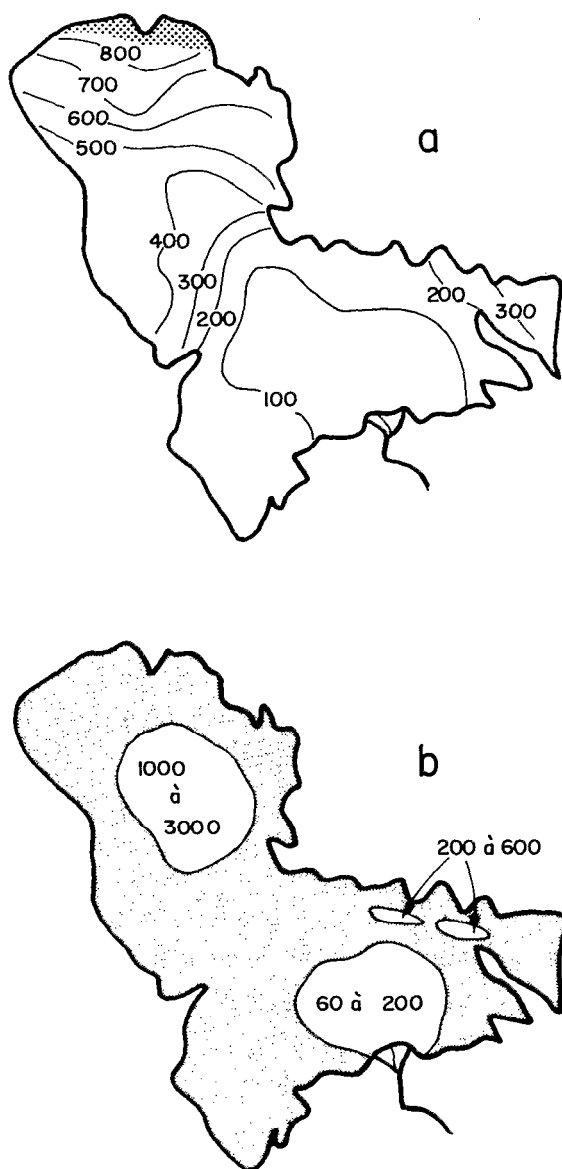


Figure 17

Conductivité des eaux lacustres :

- a) lac moyen (juillet 1970);
- b) petits lacs Tchad (1973-1977).

trois petits lacs que l'on observe suivant les années et les saisons évoluent différemment de ce point de vue (Chantraine, comm. pers.). La zone pérideltaïque, sous l'influence directe du Chari, garde des conductivités faibles, 200  $\mu$ mhos au maximum. Les eaux isolées dans l'archipel sud-est peuvent atteindre 5 à 600  $\mu$ mhos; mais c'est surtout dans la cuvette nord que le phénomène est notable : les conductivités y atteignent 3 à 4.000  $\mu$ mhos (fig.17b).

#### 4 - DIVERSITÉ DES BIOTOPES ET FACTEURS DE RÉPARTITION

L'écosystème aquatique est entièrement façonné par le régime hydrologique et la morphologie du bassin :

- régime tropical des fleuves avec des écarts très importants entre la crue et l'étiage;
- existence de milieux temporaires liés aux inondations fluviales;
- faible inertie du volume lacustre qui est du même ordre de grandeur que les apports annuels;
- variabilité interannuelle importante des crues.

Les cours inférieurs des fleuves présentent une pente très faible et coulent dans une plaine sédimentaire (le premier seuil rocheux important rencontré vers l'amont est celui de Niellim sur le Chari, à 650 km du delta, figure 4) et la diversité des biotopes est donc surtout due à l'hydrologie.

Les faciès rencontrés sont vaseux ou sableux, à l'exception de nombreux bancs d'huîtres (*Aetheria elliptica*) installés dans le lit mineur et partiellement découverts à l'étiage. Les bras intermittents ("bras morts") constituent des micro-milieux particuliers d'eaux dormantes ouvertes sur le lit mineur. On trouve enfin de nombreuses mares dans les bras secondaires des fleuves et, surtout, dans les zone d'inondation. Suivant leur situation et leur morphologie, ces mares peuvent constituer un milieu plus ou moins favorable à la survie des poissons qui y sont enfermés : mares permanentes et profondes à végétation aquatique persistante ("boutas" du Nord-Cameroun en particulier); mares évoluant fortement durant la saison sèche jusqu'à ne plus être que des flaques de boue où l'on ne trouve que Siluriformes et Polypteridae; mares asséchées avant les nouvelles pluies. L'évolution naturelle des peuplements des mares est rarement respectée, des pêches d'épuisement étant pratiquées dans toutes celles qui sont accessibles. En tenant compte de conditions de milieu souvent sublétales et de l'influence de la pêche, on peut estimer qu'une infime partie des individus emprisonnés arrive à subsister jusqu'à la crue suivante. Les *Alestes baremoze* y sont rarement rencontrés, à

la fois parce que leur comportement migratoire est très prononcé, qu'ils sont l'objet d'une prédation intense et qu'ils ne supportent pas des conditions de milieu trop difficiles. A la crue, les mares sont peu à peu reliées au lit majeur et aux zones d'inondation qui offrent des possibilités différentes (nourriture, abri) aux poissons, en fonction notamment de la végétation (permanente ou temporaire, herbacée ou arbustive).

A l'étiage, le volume total d'eau disponible est très réduit dans les fleuves - dix à trente fois plus faible qu'à la crue - les fosses du Chari et du Logone jouent sans doute alors le rôle de refuge, mais nous verrons qu'en ce domaine les migrations s'organisent à partir du lac Tchad, c'est particulièrement net pour *Alestes baremoze*.

Contrairement aux biotopes des fleuves, ceux du lac (herbiers, eaux libres, zones d'îlots-bancs, d'archipel ... ) persistent globalement d'une année sur l'autre, sauf accident majeur. Deux études préliminaires ont été faites sur les peuplements lacustres (Carmouze et al., 1972; Durand, 1973a). Ce n'est pas le lieu de développer ici des aspects multispécifiques qui doivent faire l'objet d'études approfondies (Benech et Quensièrre, en préparation). Retenons simplement qu'en milieu lacustre la richesse spécifique est d'autant plus élevée que la région deltaïque est plus proche. La cuvette nord est donc plus pauvre que la cuvette sud et le système fluvial. En dehors de l'éloignement proprement dit du système fluvial, la conductivité semble intervenir pour certaines espèces. C'est particulièrement le cas des Mormyridae, rares dans la cuvette nord et presque absents au-dessus de 400  $\mu$ mhos (tout au moins dans l'état normal du lac). Ce rôle de la conductivité est confirmé par l'absence totale de Mormyridae au lac Rodolphe où les eaux ont une conductivité très supérieure (Ferguson, 1975). Quoi qu'il en soit, la conductivité ne joue pas de rôle pour les *Alestes baremoze* puisqu'ils étaient très abondants dans l'archipel nord-est, donc pour les conductivités les plus fortes et qu'ils sont très communs dans le lac Rodolphe (A.J. Hopson, 1975).

L'analyse effectuée en 1973 a porté sur les données expérimentales récoltées de 1965 à 1971 dans l'ensemble des milieux lacustres. Nous n'avons considéré que le filet maillant à maille de 30 mm. Celui-ci capture des adultes de nombreuses espèces de taille moyenne et, parmi elles, *Alestes baremoze*, qui est dominante dans de très nombreux relevés. Les résultats obtenus tendent à montrer que c'est au paysage lacustre que correspond la séparation la plus nette entre groupes d'espèces - et entre écophases de certaines espèces. Bien entendu, ce n'est pas le paysage en tant que tel qui intervient, mais un ensemble de facteurs tels que les abris, les sources de nourriture ... On peut schématiquement distinguer les zones d'eaux libres d'une part, caractérisées par la présence de *Schilbe mystus* et les zones d'archipel où *Alestes baremoze* domine. La rareté des *Alestes baremoze* dans les eaux libres n'est pas liée à l'absence de nourriture : le zooplancton

constitue leur alimentation quasi-exclusive dans le lac où il est partout abondant ou très abondant, notamment dans les eaux libres de la cuvette nord.

La répartition des *Alestes* dans les zones d'archipel et d'îlots-bancs est nettement fonction de l'âge. Les grands adultes sont présents partout, mais surtout en bordure des eaux libres et dans les zones d'îlots-bancs. Les alevins et les jeunes de première année se rencontrent exclusivement près des côtes (cas de l'archipel sud-est et de la côte ouest de la cuvette nord). Enfin, les tailles intermédiaires (prématures de seconde année) nous ont longtemps posé un problème ainsi qu'à nos collègues de Malamfatori car ils étaient rares ou absents dans les pêches expérimentales. Il semble qu'ils aient eu une répartition particulière : nous les avons capturés en abondance dans l'archipel nord-est en 1971, dans une région encore non prospectée et qui n'était donc pas l'homologue, de ce point de vue, de la région de Bol dans l'archipel sud-est, où nous avons récolté l'essentiel de nos données lacustres.

Ces observations sur la répartition des différents groupes de taille d'*Alestes* se rapportent, là aussi, à un lac "normal", c'est à dire un lac de 18 à 22.000 km<sup>2</sup> où les communications entre les deux cuvettes sont aisées. Tout est bouleversé avec la baisse du lac. Le volume offert diminue progressivement entraînant des conditions de milieu de plus en plus défavorables - augmentation de la turbidité par exemple - et une augmentation parallèle de la vulnérabilité et de la mortalité naturelle des poissons. Lors de la séparation des diverses parties du lac, les migrations fluvio-lacustres sont interrompues, d'où le transfert de l'activité des pêcheurs des fleuves à la cuvette nord du lac (Quensièrre, 1976). En dehors de la disparition progressive de certaines espèces avec l'évolution du milieu et de l'épuisement des stocks par une pêche intensive, les poissons sont sujets à des mortalités massives (Benech, Lemoalle et Quensièrre, 1976) à la suite de tornades et à l'arrivée des eaux de crue. Dans les deux cas, c'est sans doute le déficit d'oxygène qui doit être mis en cause.

Notre étude doit nécessairement tenir compte de l'hétérogénéité des biotopes aquatiques permanents, de l'existence de milieux temporaires, de cycles saisonniers marqués et d'une variabilité interannuelle exceptionnelle. Tout ceci conditionne la récolte de données et l'échantillonnage.



## *Chapitre II*

### *PÊCHES ET ECHANTILLONNAGE*

La biologie et la dynamique des populations s'abordent, en particulier, par l'intermédiaire de paramètres qui peuvent être individuels (longueur, poids, stade sexuel, poids des gonades, nombre de rayons à l'anale, prélèvements d'écailles, d'estomacs) ou collectifs (effectifs ou poids par unité d'effort, effort total et production totale d'un engin, d'une pêcherie)(1).

Ces paramètres sont recueillis sur des échantillons obtenus lors de pêches expérimentales ou dans les pêcheries locales. Pour chacun d'entre eux, on doit se demander quel biais peut intervenir, en fonction du plan d'échantillonnage adopté et de la sélectivité du mode de capture.

Tout en donnant un aperçu général des pêcheries et de leur extension actuelle dans notre zone d'étude, nous décrivons plus particulièrement celles qui concernent les *Alestes baremose*. Nous passons ensuite en revue les modes d'acquisition de nos données, en mettant l'accent sur la sélectivité des engins les plus importants, essentiellement les filets maillants. Nous explicitons enfin le choix des stations et faisons le bilan des données utilisées.

(1) Chacun des paramètres utilisés est défini et explicité dans le cours du texte.

## 1 - LES PÊCHERIES

La première description des pêcheries a été faite par Monod (1928) dans son ouvrage sur l'industrie des pêches au Cameroun. Du bassin tchadien, elle ne concerne que le cours septentrional du Logone et du Chari et les zones inondées jouxtant leur rive gauche. Il faut ensuite attendre Blache et Miton (1962) qui donnent un catalogue très complet des techniques traditionnelles et de leur mise en oeuvre vers 1955. Plus récemment, des études plus spécialisées ont porté sur certaines pêcheries du lac Tchad et des biefs inférieurs du Chari et du Logone : Durand (1970a et b, 1971 et 1973b). A.J. Hopson (1968); J. Hopson (1969 et 1972); Loubens (1973); Quensière (1976).

Le tableau brossé par Blache et Miton montre que les techniques de pêche traditionnelles constituaient un ensemble parfaitement adapté aux multiples situations rencontrées dans un réseau hydrographique complexe où les milieux aquatiques offrent une très grande variété. D'où la très grande diversité des engins, fonction de l'hydrographie locale et des rythmes saisonniers : pêches d'étiage pendant lesquelles on obtient les meilleurs rendements; pêches fluviales aux engins dérivant pendant la crue; pêches dans les zones inondées pendant les hautes eaux; exploitation des migrations latérales à la décrue. Aucun recensement systématique ne permet de faire une comparaison précise vingt ans après, il est cependant certain que nombre de techniques traditionnelles sont tombées en désuétude. C'est par exemple le cas des pêches au "zemys" pratiquées par les Kotokos au confluent Logone-Chari et en aval. Ces pêches collectives ont disparu depuis les années 1960 alors que Monod dénombrait 68 de ces grandes pirogues en 1925 et Blache et Miton 169 en 1955.

Le tableau schématique des activités de pêche dans le lac Tchad et les biefs inférieurs du Chari et du Logone, s'établit ainsi, entre 1965 et 1971 environ .

### 1.1 CUVETTE NORD DU LAC

Les engins les plus importants sont de loin les filets à grandes mailles. Celles-ci sont comprises entre 60 et 130 mm (avec, en 1970, un mode

pour le FM 90)(1). Ces engins capturent des poissons de grande taille. *Lates niloticus*, *Heterotis niloticus* et *Citharinus spp* essentiellement, de 1968 à 1971 (Durand, 1973b).

Limités tout d'abord aux zones de contact des flots-bancs et de la côte occidentale avec les eaux libres du nord, les filets dormants à grande maille se sont peu à peu répandus dans l'ensemble de la cuvette, ceci grâce à l'utilisation de plus en plus courante des moteurs hors bord. L'archipel nord-est toutefois n'est pratiquement pas pêché, ce qui semble correspondre, d'après nos observations, à une moindre densité des poissons de grande taille.

En ce qui concerne les *Alestes baremoze*, poissons de taille moyenne, l'essentiel des captures - peu importantes durant la période 1965-1970 - a été fourni par la pêcherie à la senne de la rivière Yobé. Saisonnières, ces pêches sont basées sur des filets fabriqués localement, à maille de 20 mm, installés juste en amont de l'embouchure de la Yobé et pêchant entre septembre et février (J. Hopson, 1972).

Une petite pêcherie aux filets maillants s'exerçait le long de la côte occidentale, sur quelques kilomètres de part et d'autre de la Yobé. Comme pour les filets à grande maille, l'apparition de "pirogues en planches" et de moteurs hors bord a permis l'extension de cette pêcherie qui était installée en 1969 dans les flots-bancs du nord-est avec des filets à mailles de 25 à 30 mm (J. Hopson, 1972) sans que la production totale soit bien notable.

## 1.2 CUVETTE SUD DU LAC

Cette région est caractérisée par la faiblesse générale de la pêche dont on peut dire qu'elle est pratiquement nulle dans l'archipel sud-est et dans les eaux libres du sud et du sud-est (fig.15). C'est seulement sur la bordure méridionale et surtout dans le delta du Chari que l'activité de la pêche est notable avec deux types d'engins essentiellement : les filets à grande maille, comme dans la cuvette nord, et les lignes à hameçons multiples non appâtés simplement posées au fond ou fixées entre deux eaux. Aucune mortalité due à la pêche ne s'exerçait donc dans la cuvette sud sur les *Alestes baremoze*.

---

(1) Toutes les tailles de mailles citées se rapportent au côté de la maille (en mm) mesuré de noeud à noeud (soit sensiblement la moitié de la "maille étirée" des anglo-saxons). L'abréviation "FM x" est systématiquement utilisée pour "Filet Maillant à maille de x mm".

### 1.3 LE CHARI, DU DELTA AU CONFLUENT

Ce secteur fluvial est caractérisé par l'absence de zones inondées adjacentes. C'est donc essentiellement un lieu de passage obligé pour les espèces fluvio-lacustres dont les déplacements, reliés au rythme des crues, conditionnent l'activité de la pêche. Celle-ci est très importante et s'organise autour de quatre grands modes de pêche : filets maillants dormants et filets maillants dérivants à petites maille (28,5 mm en général), filets dérivants à grande maille (60 à 70 mm), lignes à multiples hameçons non appâtés (Loubens, 1973).

Dans cette zone la majeure partie de la production provient des filets à petites mailles contrairement au lac. C'est là que s'effectuait l'essentiel des captures d'*Alestes baremoze* entre 1965 et 1970.

### 1.4 LE LOGONE ET LE CHARI AU-DESSUS DU CONFLUENT

C'est dans ce secteur que les techniques de pêche, souvent saisonnières, restent les plus diversifiées. Le rendement global est encore important dans le Logone, beaucoup plus faible dans le Chari. C'est sans doute dû à la présence de zones inondées très étendues tant sur la rive droite que sur la rive gauche du Logone, zones qui n'ont pas leur équivalent pour le Chari.

On retrouve filets maillants à grandes et petites mailles, employés en dérivants ou en dormants, les lignes multiples à hameçons non appâtés mais aussi des filets triangulaires employés à partir des pirogues (sakamas), l'épervier, introduit par des pêcheurs du bassin de la Benoué ... C'est dans ce secteur aussi que se situe la grande pêche traditionnelle de Logone-Gana. L'exutoire principal des zones inondées sur la rive droite du Logone - dénommé Koulambou ou N'Gourkoula suivant les ethnies - draine les régions du Ba Illi du nord et du sud (fig.18). Lors de la pêche les Kotokos installent un barrage de claies - fabriquées à partir de tiges d'*Echinocloa* - soutenues par de solides madriers plantés à même le lit de la rivière. Les poissons qui se heurtent à cet obstacle peuvent essayer de retourner vers l'amont, ils ont alors toutes chances d'être capturés par les grandes nasses à double chambre dont l'entrée est tournée vers l'aval et qui occupent tout le lit du fleuve (fig. 18). Certaines espèces tentent de sauter le barrage (en particulier les *Hydrocynus* et les *Labeo*), et retombent dans les pirogues ou entrent dans les grandes chambres de capture disposées en aval. Cette pêche de décrue concerne les poissons adultes et peut avoir un rendement intéressant : en 1969, 250 tonnes

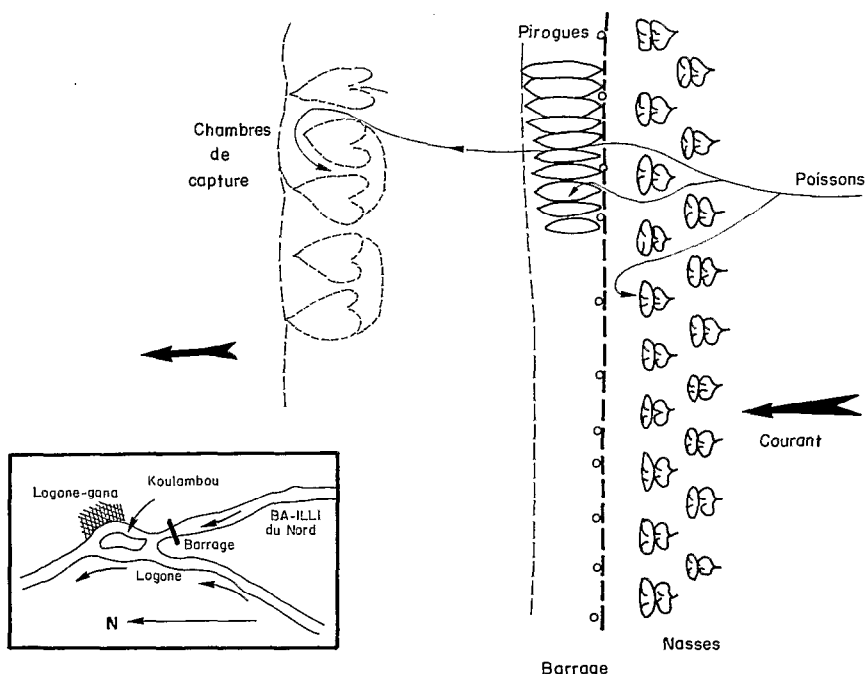


Figure 18 La grande pêche de Logone-Gana (cf. texte).

environ ont été capturées durant les trois premiers jours, qui sont toujours les plus productifs. Les *Alestes* forment l'essentiel des captures de ces premières journées, ils sont remplacés ensuite par des espèces d'eaux moins courantes, chassées les dernières par le retrait des eaux. Le fait intéressant est la dominance très nette des *Alestes dentex*, dix à vingt fois plus abondants que les *Alestes baremoze*.

C'est aussi dans cette région que sont mises en oeuvre les sennes à bâtonnets. Il s'agit de filets à mailles de 20 à 23 mm de côté. Les nappes, d'une hauteur de 0,50 m environ sur 15 à 20 mètres, sont fixées sur de petits bâtons qui maintiennent l'ouverture de l'engin. Les pêcheurs ramènent ainsi au rivage plusieurs nappes accolées en raclant le fond sableux. Les poissons sont peu à peu repoussés vers la rive et sont capturés au bord. Il arrive que des espèces de grande taille-*Tilapia*, *Citharinus* ...-soient pêchées, mais l'essentiel des captures est constitué d'*Alestes baremoze*, *Alestes dentex*

et *Hydrocynus forskalii*.

Ces pêches se pratiquent sur les bancs de sable découverts par les eaux et donc à l'étiage, surtout en amont du confluent du Chari et du Logone. Nos premières observations (1967) ont souvent porté sur ce type de pêche à l'étiage. L'importance relative des sennes à bâtonnets a notablement décru depuis quelques années.

### 1.5 LES ZONES INONDEES

Deux types différents coexistent dans notre zone d'étude : le triangle entre Logone et Chari au sud de Logone-Gana et le "yaéré" du Nord-Cameroun. La première de ces deux zones fournit le recrutement de la grande pêche de Logone-Gana. Il s'agit d'adultes. Dans le cas du "yaéré" du nord Cameroun par contre, les pêches, pratiquées uniquement sur les exutoires à la décrue, s'exercent aux dépens des recrues de l'année, soit sur des individus âgés de deux à cinq mois environ.

Dans la région du Logomatia (fig.5), de petites chambres de capture constituées de claies à faible espacement barrent des canaux creusés dans le bourrelet de berge. Ceux-ci drainent les eaux méridionales de la plaine inondée du nord Cameroun. Ces pêches ne concernent que des poissons de première année. Elles sont relativement mineures dans la mesure où la plus grande partie de l'eau d'inondation passe par l'El Beïd.

L'observation aérienne montre l'existence de constructions permanentes tout le long du cours de l'El Beïd, de Tildé au lac (fig.5). Il s'agit de barrages de pêche, 270 environ ont été recensés en janvier 1969 (Durand, 1970a). La pêche se pratique à l'aide de filets à armature triangulaire, proches des sakamas citées précédemment, utilisés dans des loges adossées au barrage. L'essentiel des captures est constitué par de jeunes poissons pour la plupart en fin de première croissance; ils représentent 95% des captures totales. Les jeunes *Alestes baremoze* y sont communs.

L'exposé qui précède ne doit pas cacher que malgré une diversité apparente, l'activité globale de la pêche s'exerce essentiellement à partir des filets maillants et que ce sont les pêcheries correspondantes du lit mineur des fleuves, du delta et du lac Tchad qui fournissent l'essentiel de la production depuis une dizaine d'années.

Cette situation est toute à fait nouvelle par rapport à celle décrite par Blache et Miton, les filets maillants n'apparaissaient alors que comme une technique, parmi d'autres, "assez spécialisée, permettant la capture d'espèces particulières ou de pêcher à certaines époques". Il semble que

cependant cette technique de pêche soit très ancienne puisque déjà citée par Monod (1928) en ce qui concerne le delta du Chari et probablement Boyd Alexander (1907, *in* A.J. Hopson, 1968) pour l'embouchure de la Yobé. L'augmentation de l'effort total de pêche correspond à l'introduction du nylon pour la fabrication des nappes de filets maillants. A.J. Hopson (1968) situe son apparition en 1958 mais Mann (1962) signale qu'en 1961 la plupart des filets utilisés sur le lac étaient encore fabriqués localement par les pêcheurs. On peut donc situer à 1961-63, le démarrage de la pêche aux filets maillants grâce à l'introduction du nylon et surtout à la fabrication industrielle concomitante de nappes de filets à des prix accessibles. On peut rappeler ici pour illustrer cette évolution, que, selon nos estimations, l'effort total de pêche a été multiplié par 50 environ entre 1967 et 1971-72, alors que dans le même laps de temps la production totale quintuplait (Durand, 1973b).

Il ne faudrait pas déduire de cette évaluation très globale que la pêche du "salanga" (terme qui englobe *Alestes baremoze* et *Alestes dentex*) a suivi la même évolution. Il est au contraire probable qu'un effort de pêche non négligeable s'exerçait dans le système fluvial tchadien depuis longtemps à l'aide des sennes à batonnets, de filets triangulaires variés, de barrages de décrue ce d'autant plus que les *Alestes* sont particulièrement recherchés. S'il est donc probable que l'effort de pêche exercé sur les *Alestes* a augmenté avec l'introduction des nappes de nylon, on peut cependant estimer que cela a été dans des proportions bien moindres que pour les poissons de grande taille du lac.

L'intensification de la pêche aux filets maillants s'est accompagnée d'un déplacement progressif des pêcheries vers le lac et d'une colonisation du lac qui a fourni ces dernières années l'essentiel de la production piscicole de notre zone d'étude et aussi du bassin tchadien (Durand, 1973b). Pour illustrer ce bouleversement des habitudes de pêche on peut citer Blache et Miton (1962, p. 19) : "Le lac reste très peu exploité et ne l'est que dans sa bordure sud-ouest et dans la région des îlots-bancs de la bordure nord-est" alors que la cuvette nord du lac a fourni entre 50% et 80% de la production totale entre 1969 et 1975 (Stauch, 1977). Cette évolution des pêcheries du nord du bassin tchadien était déjà amorcée dans les années 1950 puisque Blache et Miton avaient déjà noté la tendance à "des implantations de plus en plus denses de groupements d'émigrés venus du sud dans les zones nord" ... On peut donc dire que la recherche du poisson et de rendements plus élevés a poussé les pêcheurs à se rapprocher de plus en plus du lac Tchad, tendance qui a été favorisée par l'introduction du nylon et la possibilité généralisée de pêche aux filets maillants. A cela il faut ajouter la proximité du Nigéria dont les besoins en protéines ouvrent un marché immense qui absorbe sans coup férir les augmentations de production.

La description qui précède a été volontairement limitée aux années

1965-1970. Sans doute cette période n'est-elle pas elle-même particulièrement stable puisque durant ces années la baisse du lac Tchad a été lente mais régulière, passant de 5 mètres environ à 3,5 mètres à l'échelle de Bol, et que l'on a vu parallèlement l'effort de pêche s'intensifier avec une accentuation du déplacement des pêcheurs vers l'aval des fleuves et le lac Tchad. Cependant, cette évolution, relativement progressive, a été suivie d'une brusque accélération de l'abaissement du plan d'eau à partir de 1972, à la suite des deux crues exceptionnellement faibles de 1972 et 1973.

Dans le système fluvial on a assisté alors à une concentration accrue des pêcheurs sur la bordure septentrionale du delta en 1973, puis, devant la faiblesse des captures une émigration des pêcheurs depuis le delta dans la cuvette nord du lac à la fin de 1973, qui a accentué la pauvreté de la production fluviale, presque nulle en 1974. Dans la cuvette nord du lac par contre, la concentration des peuplements ichtyologiques dans un volume d'eau rapidement décroissant ainsi que le rassemblement de pêcheurs de toutes ethnies conduit à une production totale très élevée, de l'ordre de 150.000 tonnes en 1973 et en 1974 (Stauch, 1977) (1).

L'évolution des productions d'*Alestes* entre 1969 et 1975 sera détaillée au chapitre VI. On peut néanmoins remarquer ici que la production de "salanga" ne suit pas du tout celle du "banda" (appellation qui recouvre tout le poisson de taille notable découpé et fumé) (fig.19) (2). Il faut y voir une confirmation de l'exploitation ancienne des *Alestes baremose* migrateurs dans le système fluvial. Le stock d'*Alestes baremose* a été enfin l'objet de pêches d'épuisement en 1974 dans la cuvette nord en voie d'assèchement qui ont abouti en 1975 à une production nulle (chapitre VI). L'éventuelle remontée de la production dépendra de la remontée du lac.

---

(1) Il est intéressant de noter que depuis 1975 se développent des pêches à la senne dans le Chari au-dessus de N'Djamena (Franc et Vidy, comm. pers.). En mai 1977; les sennes - à petites mailles - 14 à 25 mm - ne capturaient guère que des poissons de petite taille, indice de biomasses faibles.

---

(2) Nous avons conservé les chiffres bruts en tonnes sèches; la comparaison avec la production fraîche en 1971-73 (Loubens, 1973; Quensièrre, 1976) amène à les modifier sensiblement.



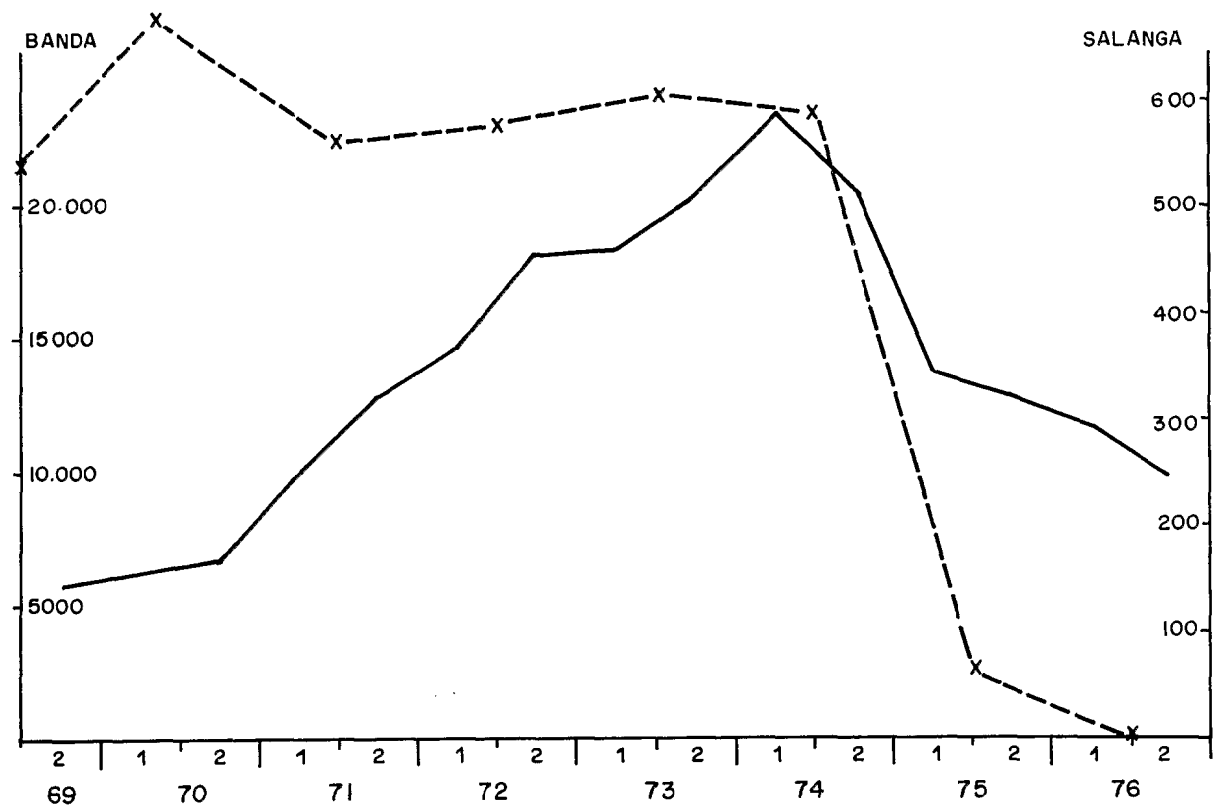


Figure 19 Evolution des quantités totales de poisson contrôlées à Maïduguri :  
Banda (—) et Salanga (---) en tonnes de poisson sec.

## 2 - ECHANTILLONNAGE

Les biais dans l'échantillonnage ont deux causes essentielles : la répartition des poissons et la sélectivité des engins de pêche (abordée ci-dessous). Les poissons d'une même espèce ne sont pas dispersés dans l'eau au hasard, mais en fonction des rapports qui existent entre leur biologie et les caractéristiques des divers milieux disponibles. Il y a en particulier une corrélation positive entre la taille des poissons et la profondeur de l'eau. De plus cette répartition se modifie constamment en fonction des variations du milieu et du cycle biologique de l'espèce : nouvelles zones offertes par les crues des fleuves, rassemblement pour la fraie etc ...

Dans le cas des *Alestes baremose*, les jeunes de quelques centimètres se trouvent en septembre-octobre à proximité immédiate des rives ou dans les zones inondées. Les individus un peu plus grands se tiennent de préférence dans les zones calmes du fleuve ou les criques abritées du lac. Enfin, les adultes demeurent au large en plein fleuve ou dans les zones dégagées de l'archipel et ne se rencontrent guère dans les eaux libres du lac.

Les paramètres utilisés en dynamique des stocks exploités (prise par unité d'effort, p.u.e.; effort total de pêche,  $f$ ; production totale,  $P$ ,) ne peuvent par définition s'obtenir qu'à partir des pêcheries étudiées et sont relatifs à ces pêcheries et aux engins correspondants. Dans le cas des *Alestes baremose* des estimations de certains de ces paramètres ont été faites dans la zone d'étude en ce qui concerne les pêches aux filets maillants à petite maille dérivants et dormants pour le delta du Chari (Loubens, 1973; Quensièrre, 1976); les pêches au filet triangulaire de l'El Beïd (Durand, 1971); les pêches à la senne de la Yobé (J. Hopson, 1969 et 1972); les productions totales du lac et des biefs inférieurs des fleuves (Stauch, 1977).

Les observations biologiques faites à l'occasion de la récolte des paramètres dynamiques sont intéressantes mais tout à fait incomplètes et l'on ne peut baser l'étude de la biologie sur elles seules. C'est pourquoi nous avons procédé à des pêches expérimentales qui nous ont permis de prospecter soit des milieux négligés par les pêcheurs, soit des saisons pendant lesquelles aucune activité n'était notée, soit enfin des gammes de taille échappant

totalement aux engins traditionnels. Nous passons en revue ci-dessous les principale techniques utilisées.

## 2.1 PECHE AU POISON

Nous avons utilisé un ichtyotoxique, l'Aquatox, renfermant 5% de roténone. Cette poudre est inoffensive pour l'homme et les poissons pêchés restent consommables. Deux objectifs distincts peuvent justifier l'emploi de cette méthode: prospection qualitative de milieux difficilement accessibles; structures, densités et biomasses dans des milieux délimités.

La mise en oeuvre de cette technique a été décrite par Loubens (1969 et 1970). Plusieurs causes d'erreur peuvent intervenir qui, pour la plupart, entraînent une sous-estimation des effectifs et des biomasses, en particulier lors de la présence de végétation immergée, le problème essentiel restant cependant de recueillir les poissons avant qu'ils ne coulent, auquel cas ils ne sont pas toujours récupérables, suivant la profondeur ou la turbidité du milieu prospecté.

Par ailleurs, les zones à empoisonner doivent être faciles à isoler rapidement de façon à ce que le processus d'isolement, c'est à dire la pose des filets servant à séparer la zone choisie du reste du milieu, ne provoque pas la fuite de tous les poissons de taille notable; elles doivent être aussi à l'abri du courant et du vent afin d'éviter le départ du poison qui n'aurait pas le temps d'agir suffisamment et l'entraînement hors de la zone de pêche des poissons de très petite taille susceptibles de passer à travers les filets. Jusqu'à présent les empoisonnements n'ont eu lieu que sur de petites superficies (un hectare au maximum) bien abritées et de préférence déjà entourées par le rivage sur plusieurs de leur côtés. On voit tout de suite les limites imposées par ces caractéristiques des zones de pêche : si l'on peut espérer avoir une bonne connaissance des peuplements ichtyologiques de bordure ou de milieux restreints, ceux qui existent au large resteront difficiles à échantillonner.

Malgré ces limitations la pêche au poison a été le seul moyen d'avoir des information précises et absolues sur les biomasses et leurs compositions dans nombre de milieux restreints, et ces résultats ont souvent permis d'expliciter les résultats obtenus en d'autres milieux avec d'autre engins.

En ce qui concerne les *Alestes baremose*, les adultes sont toujours absents des milieux prospectés, alors que les jeunes sont abondants. Cette méthode - si l'on excepte l'utilisation sporadique et rarement efficace d'épuisettes - est la seule qui nous ait permis de récolter des alevins

entre 15 et 50 mm, tailles inférieures à celles récoltées par les plus petites mailles utilisées, celles du FM 10.

## 2.2 FILETS TRIANGULAIRES DE L'EL BEID

Ces filets dont l'ouverture mesure de quatre à cinq mètres, comporte des bandes latérales à maille moyenne de 14 mm de noeud à noeud et une pièce centrale de 6 à 10 mm de maille (fig.20).

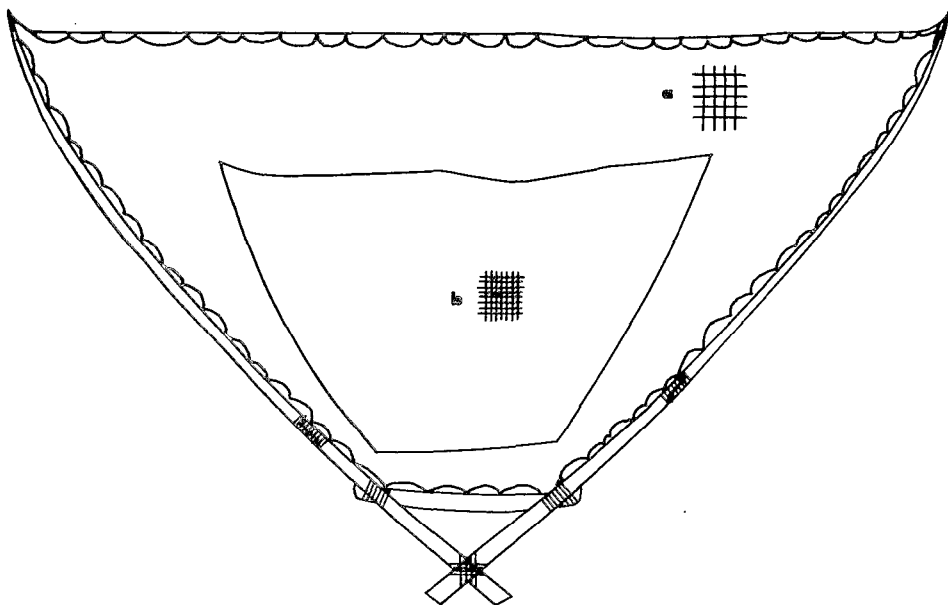


Figure 20 Plan d'un filet triangulaire de l'El Beïd; a) bandes latérales : mailles de 14 mm; b) pièce centrale : 6 à 10 mm.

La mise en oeuvre des filets s'effectue toujours dans une eau peu profonde, de l'ordre de un mètre au maximum. Le filet est incliné vers l'amont, l'extrémité des perches reposant sur le fond ainsi que la nappe; le pêcheur relève le filet d'autant plus rarement qu'il a moins de poissons (Durand, 1970a).

Il s'agit là d'un mode de pêche actif et l'engin peut être

assimilé à un carrelet; la sélection doit donc essentiellement s'exercer sur les tailles les plus faibles (1). Elle devrait être sensible pour les *Alestes baremoze*, espèces de forme élancée et de taille moyenne faible dans les pêches de l'El Beïd. La comparaison de pêches effectuées avec des filets distincts a donné les résultats rassemblés dans le tableau VI (échantillons du 13 au 16/12/1967). On voit que les différences entre mailles n'expliquent pas les différences de taille : pour les trois filets de mailles sensiblement identiques (6,6 et 6,7 mm) deux pêches sont comparables ( $t = 0,6$ ), la troisième étant significativement différente des deux autres ( $t = 3,5$  et  $4,5$ ); les mailles de 6,7 /7,4 /8,8 mm donnent des résultats sensiblement homogènes :  $t$  varie de 0,1 à 1,6. Enfin, le filet à maille la plus grande (9,9 mm) correspond à la longueur moyenne la plus faible. Pour les tailles supérieures à 200 mm enfin, la probabilité de capture est peut-être plus faible, mais il faut signaler que des pêches effectuées par d'autres moyens (filets maillants en particulier) démontrent la rareté de ces tailles dans l'El Beïd.

En définitive, on admettra que les filets triangulaires de l'El Beïd donnent des échantillons représentant correctement les tailles des jeunes *Alestes baremoze*.

Tableau VI Effectifs (N) et tailles ( $\bar{L}$ ) des jeunes *Alestes baremoze* de première année capturés par divers filets triangulaires.  $\bar{M}$  désigne la longueur moyenne, en mm, d'une maille de la nappe centrale et  $\sigma_L^2$  la variance (2).

$\bar{L}$	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	N	$\bar{L}$	$\sigma_L^2$
6,6		4	10	19	32	32	40	43	59	52	39	22	7	4			363	86,06	1,6897
6,7			1	6	15	24	41	37	43	43	28	19	15	8	1		281	89,56	1,4512
6,7	1	1	2	3	13	27	56	63	84	63	34	24	14	16	3		404	90,09	1,3371
7,4			3	15	16	32	34	53	60	51	34	19	11	5	5		338	88,54	1,5162
8,8				6	22	57	72	78	70	65	55	38	17	12	4	3	499	89,51	1,4590
9,9	1	5	10	11	18	30	28	34	31	11	5	5	3	3			195	81,10	1,5763

- (1) Sélection : tout processus qui peut faire varier la probabilité de capture avec les caractéristiques du poisson; la sélectivité est l'expression quantitative de la sélection : on étudie très généralement la sélection en fonction de la taille.
- (2) Nous avons choisi comme mesure de la taille la longueur standard : une pliure externe précise se manifeste à la base des rayons médians de la caudale quand on fait bouger celle-ci par rapport au pédicule caudal. La comparaison de séries de mesures a montré que les différences constatées étaient de l'ordre du millimètre et provenaient plutôt de l'observateur que du type de mesure.

### 2.3 SENNE DE RIVAGE

La senne de rivage est un filet traîné, donc susceptible de capturer tous les poissons rencontrés de taille suffisante pour ne pas passer à travers les mailles des ailes et de la partie centrale. En dehors de la pêcherie très ponctuelle de la Yobé au Nigéria, il n'existait pas localement de tels engins. Celle que nous avons utilisée, confectionnée en France, est une senne à poche de 200 mètres sur 7 mètres en pêche, à maille de 40 mm pour les deux ailes (de 50 m chacune), à maille de 20 mm pour la moitié centrale (longue de 100 mètres) et pour la poche (profonde de 8 mètres). Quatre ralingues de 100 mètres chacune la prolongent sur les côtés.

Cet engin peut donner d'excellents résultats mais n'est pas d'un emploi très simple. Il exige une équipe de pêche de quinze à vingt hommes, de préférence entraînés à son utilisation rapide et silencieuse. Par ailleurs, comme dans le cas des pêches au poison, seuls certains milieux sont prospectables, puisque la mise à l'eau doit se faire à partir d'une rive dégagée et sur fond propre et ferme. Ces dernières conditions limitent l'utilisation de la senne dans le fleuve à l'étiage, période où les bancs de sable sont partiellement découverts et où le courant ne complique pas trop la mise en pêche.

Même opérée dans de très bonnes conditions (silence, rapidité ...), il est probable que la prise globale sous-estime nettement l'ichtyomasse. Il existe en effet un certain nombre de causes d'erreur :

- poissons fuyant le long du rivage lorsque la senne est posée, cette fuite étant d'autant plus considérable que l'opération est plus lente et plus bruyante;
- poissons sautant au-dessus du filet;
- poissons passant sous la ralingue inférieure, mal appliquée au fond ou soulevée par un accident de terrain;
- poissons passant au travers du filet.

Ces fuites ne se produisent sans doute pas également suivant les espèces et les tailles rencontrées, d'où un risque de biais.

Dans le cas des *Alestes baremoze*, toutes les causes d'erreur précédentes peuvent être évoquées; nous pouvons donc penser que l'échantillon réellement pêché est inférieur à celui qui aurait pu l'être. Mais le point de vue le plus important ici est de savoir si l'échantillon pêché est représentatif du groupement d'*Alestes* réellement présent à l'endroit et au moment de la pêche .

- Les poissons les plus rapides ont peut-être plus de chances de s'évader pendant la première partie de la pêche.
- Les parties latérales, à maille de 40 mm, peuvent laisser échapper les poissons susceptibles de se mailler à des tailles de mailles inférieures, c'est à dire pour les *Alestes baremose*, la totalité des individus. Mais il semble que les poissons, les *Alestes* en particulier, ne traversent pas habituellement le barrage en mouvement formé par la senne. Ils ont tendance à suivre la nappe pour chercher une issue et se trouvent alors enfermés par la partie centrale, puis emprisonnés dans la poche. Il est possible et même probable cependant qu'un certain nombre s'échappe à travers les parties latérales, mais des mailles de 40 mm peuvent laisser passer des *Alestes baremose* de toutes tailles, on peut donc penser que les proportions relatives des différentes classes de longueur ne sont pas sensiblement modifiées par ces fuites.

La sélection opérée par la senne de rivage correspond donc uniquement au passage à travers les mailles des nappes centrales et de la poche, mailles de 20 mm de côté. On est donc ramené au problème classique de sélectivité de chalut. Il n'existe pas en fait de taille précise séparant rigoureusement d'un côté les poissons qui sont capturés de ceux qui arrivent à s'échapper. Les différences individuelles d'embonpoint ainsi que le colmatage du filet - fonction lui-même de l'abondance des autres espèces et de la nature du fond - introduisent une variabilité importante. C'est pourquoi l'on définit la longueur moyenne de sélection  $l_c$  qui, pour une espèce donnée, correspond au point 50% pour lequel il y aurait autant de captures que d'évasions. On peut définir de la même manière la taille,  $l_m$ , à partir de laquelle il n'y a plus d'échappement au travers des mailles de la poche.

La méthode classique utilisée pour déterminer  $l_c$  et  $l_m$  consiste à doter le chalut d'un double cul à petites mailles, permettant ainsi d'estimer les proportions relatives de poissons retenus ou s'échappant pour une maille donnée. Cette technique n'est pas facilement applicable à la senne de rivage. Il est plus simple ici de se servir de pêches de filets maillants dont l'optimum se situe dans la zone de sélection de la senne. Etant donnée l'épaisseur de la cordelette utilisée pour la pêche, la maille de 20 correspond en fait à une maille de filet plus petite, et nous avons préféré comparer les pêches à la senne et celles du FM 18. Comme le montre l'exemple choisi pour la figure 21, il y a un décrochage brusque pour la classe 145 mm, alors que les poissons de la classe 145 sont abondants dans le FM 18. Par ailleurs, on peut évaluer directement la taille à partir de laquelle un poisson s'échappera d'un FM de maille donnée, en mesurant son plus grand périmètre - soit pour les *Alestes*, juste avant la dorsale  $p_d$ . Nous avons trouvé comme relation approchée, pour des poissons de 130 à 200 mm :  $p_d = 0,8L - 48$  soit, pour le FM 20  $p_d = 80$  et  $L = 160$  et pour le FM 18  $p_d = 60$  et  $L = 150$ .

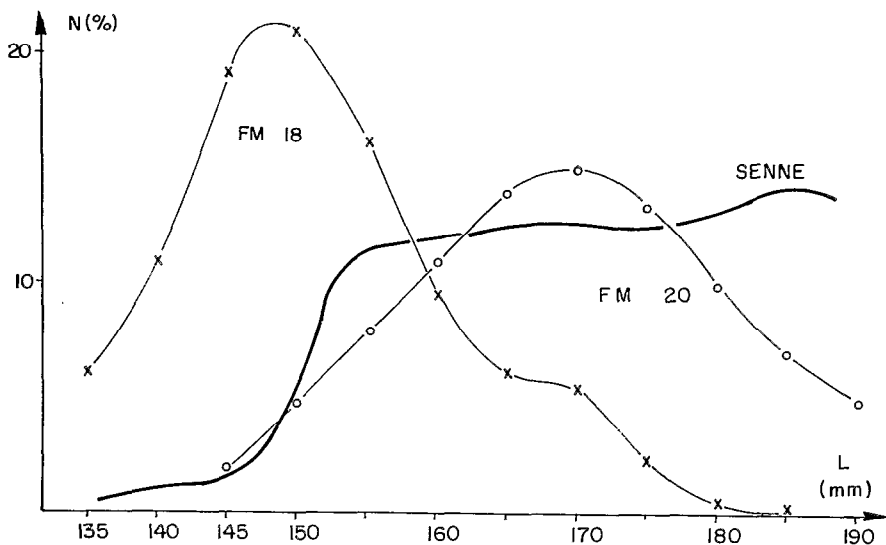


Figure 21 Captures comparées de la senne de rivage et des FM 18 et 20 pour les pêches effectuées à Lafia en 1971-1972 (en % de la capture totale entre 130 et 190 mm).

Nous retiendrons donc que la longueur de sélection de la senne doit se situer aux environs de 150 mm. Nous n'avons d'ailleurs pas besoin de préciser plus ce chiffre car c'est surtout à partir de 180 mm et au-dessus que nous utiliserons les structures de taille estimées d'après les pêches à la senne.

Ce rapide examen des possibilités et des limites de deux méthodes de pêche quantitatives, poison et senne de rivage, montre que les estimations d'ichtyomasse obtenues par ces moyens ne peuvent être généralisées à tous les types de milieu (eaux libres, milieux de bras) dont on ne peut aborder l'étude avec les moyens existants. La pêche électrique, en particulier le chalutage électrique, mis au point par Lamarque et *al.* (1974) - et adapté au Tchad par Benech (comm. pers.) - et la senne tournante seront peut-être les techniques les plus fécondes dans l'avenir à ce point de vue.



## 2.4 FILETS MAILLANTS

Contrairement aux modes de pêche précédents, les filets maillants ne permettent d'avoir que des indices d'abondance relatifs et l'ichtyomasse ne peut être estimée à partir des seuls FM, car se sont des engins hautement sélectifs. Cependant, ils ont l'avantage primordial de permettre une prospection de tous les milieux avec des engins dont l'utilisation est déjà familière aux pêcheurs de la région. Ceci explique pourquoi l'essentiel de nos données a été obtenu à partir de filets maillants.

On trouve surtout localement des filets à maille de 28,5 mm qui constituent l'essentiel des mailles moyennes. A partir de 1973, la baisse des rendements dans le système fluvial a incité les pêcheurs à utiliser des mailles plus petites : 25 et même 22 mm. Ces filets sont confectionnés avec du fil très fin - qui leur donne une bonne efficacité - et simple noeud entre les mailles d'où une relative instabilité de celles-ci et des déchirures qui ne permettent pas de relier avec une bonne sécurité maille des filets et tailles pêchées. Nous avons utilisé des nappes fabriquées en France, à double noeud et montées à 50%.

On peut estimer que les *Alestes baremose* sont susceptibles de se mailler jusqu'à une taille de maille de 40 mm environ. Les premières pêches ont été effectuées avec deux filets à maille de 10 et 30 mm, capturant respectivement certaines tailles de jeunes de première année et de grands adultes. Bien entendu, il était indispensable de compléter avec des mailles intermédiaires qui furent tout d'abord 15, 20, 25 et 35 mm puis 11, 12, 13, 14, 16, 18, et 22 mm. Les FM 10 à 14 ont été fabriqués avec du fil 13.400 (soit 13.400 mètres au kilogramme) donc très fin; les FM 15 à 20 avec du 10.000 et les 22 à 40 avec du 6660. A titre de comparaison, les filets locaux sont fabriqués avec du fil 10.000 ou même 13.400, d'où leur meilleur rendement et leur fragilité.

Pour une espèce donnée, Regier et Robson (1966) ont montré que les mailles choisies pour une batterie expérimentale devaient suivre, idéalement, une série géométrique. En fait, l'essentiel est d'avoir un recouvrement suffisant entre mailles proches, il est par contre beaucoup plus gênant d'avoir des trous dans la série; ce fut le cas pour toutes les observations anciennes (1968-69), mais on peut penser que la batterie complète (FM 10 à 40) utilisée à partir de 1970 couvre la gamme des tailles d'*Alestes baremose*, à l'exception - minime - des plus jeunes poissons pour lesquels il aurait fallu disposer de mailles inférieures à 10 mm.

Pour un filet donné, et toutes choses égales d'ailleurs, la quantité de poissons capturés (en nombre ou en poids) constitue un indice d'abondance relatif sous réserve qu'on la rapporte à un effort de pêche unité. Pour les filets maillants l'unité d'effort de pêche est généralement une surface de filet ayant pêché pendant un temps donné. Les prises par unité d'effort (p.u.e.) seront exprimées ici en nombre ou poids par  $100 \text{ m}^2$  de FM par nuit de pêche pour les filets dormants et par heure de dérive pour les FM dérivants.

Rappelons que des engins expérimentaux risquent de donner de mauvaises approximations des paramètres d'exploitation des stocks et que ceux-ci doivent être estimés par les engins de la pêcherie exerçant dans des conditions normales de pêche. Les données expérimentales de pêche correspondent en fait à une pêcherie particulière et limitée dont les engins et la stratégie d'échantillonnage sont spécifiques. Cet aspect avait déjà été souligné par Le Guen (1971) pour l'estimation de coefficients de mortalité de poissons de chalut. Nous avons pu vérifier la discordance entre les rendements du FM 30 expérimental et du 28,5 local lors d'essais simultanés : les prises par unité d'effort du FM 30 ont varié entre la moitié et le cinquième de celles du filet local, sans que les pêcheurs ou les mailles puissent justifier la différence, plus probablement reliée au montage, au fil employé, au gréement etc...

Pour des engins actifs comme la senne ou le chalut, le problème de la sélection s'articule autour d'une taille au-delà de laquelle on estime qu'il n'y a plus de biais en fonction de la taille (encore que ceci soit probablement contestable pour les grandes tailles qui peuvent avoir des probabilités de capture plus faibles). Le cas des filets maillants est tout autre : la sélectivité est telle que la proportion retenue est maximale pour une taille optimale, et il existe toujours une relation entre la taille du poisson capturé et le filet utilisé.

On peut définir la sélectivité  $s_{ij}$  d'une maille  $i$  sur des poissons de taille  $j$  comme le rapport du nombre de poissons capturés par cette maille à cette taille ( $C_{ij}$ ) au produit de l'effort de pêche du filet correspondant ( $X_i$ ) par le nombre réel de poissons de la classe  $j$  soit  $s_{ij} = \frac{C_{ij}}{X_i N_j}$  (Hamley, 1975).

La sélectivité peut être déterminée si l'on peut déterminer  $N_j$ , or, sauf cas particuliers, cette opération est difficile ou impossible. C'est pourquoi la plupart des auteurs se sont attachés à des estimations indirectes de la sélectivité (Regier et Robson, 1966).

L'importance des filets maillants dans les pêches mondiales a suscité une très importante littérature. Nous citerons simplement ici pour les eaux douces africaines Garrod (1961) et Gulland et Harding (1961); Regier et Robson ont effectué une mise au point générale en 1966; Hamley et Regier, en 1973, ont estimé la sélectivité directement par marquage et recapture; enfin, Hamley (1975) a publié une revue très complète des méthodes utilisées.

La plupart des méthodes employées jusqu'à présent ont été basées sur tout ou partie des hypothèses de Baranov (1914) et son principe de similitude géométrique. Celui-ci a comme corollaire que toutes les mailles sont également efficaces à l'égard des tailles de poisson qu'elles capturent le mieux, autrement dit, que les courbes de sélectivité ont la même hauteur pour toutes les mailles. Par ailleurs, il suppose que les courbes ont la même forme quelle que soit la maille. Cette dernière assertion semble souvent discutable, ce n'est pas, par exemple, le cas des *Alestes baremose* : les courbes de capture sont dissymétriques, avec un mode bien marqué pour les plus petites mailles (FM 10 à 14). Il y a ensuite un écrasement progressif de la courbe : l'intervalle de capture augmente et, pour les FM 22 à 35, les courbes semblent présenter un plateau (fig.22). Par ailleurs, Hamley et Regier (1973) ont montré pour les *Stizostedion vitreum* du lac Dexter que les courbes de sélectivité n'ont pas la même hauteur : plus les mailles sont grandes et plus elles sont efficaces et ce, de façon très notable (fig. 23).

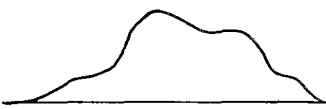
Ce résultat a été retrouvé par Benech (comm. pers.) qui a abordé le problème de la sélectivité des filets maillants lors de l'étude de la croissance de *Brachysynodontis batensoda* (Benech, 1975) en comparant les captures de la senne et des filets maillants. Il a par ailleurs pu montrer que - contrairement à l'hypothèse de Holt (1963) - les courbes de sélectivité étaient dissymétriques et que l'on ne pouvait donc conserver l'hypothèse de normalité.

Par ailleurs, les études de sélectivité comportent un certain nombre d'hypothèses implicites, quels que soient modèles et méthodes :

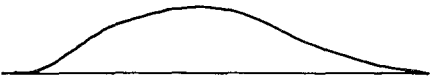
- les poissons d'une taille donnée ont une chance égale de rencontrer tous les filets;
- on suppose qu'il n'y a pas saturation des filets, autrement dit, que les captures individuelles restent également probables, quelles que soient les captures antérieures, y compris des autres espèces;
- on suppose qu'il n'y a pas d'influence des mailles entre elles, ce qui pourrait par exemple être le cas si des filets à maille croissante sont posés en continu;
- enfin, on admet que les filets ne diffèrent entre eux que par la taille de la maille qui explique toute la sélectivité, sans tenir compte, par exemple du montage ou de la grosseur du fil.

Ce rapide exposé nous autorise à conclure que la sélectivité des filets maillants reste un problème complexe qui est loin d'être totalement éclairci. Alors que c'est probablement le type d'engin dont la sélectivité a été la plus étudiée, on doit constater que la plupart des méthodes indirectes

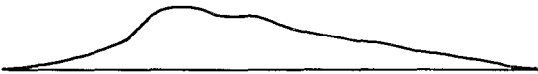
FM 40



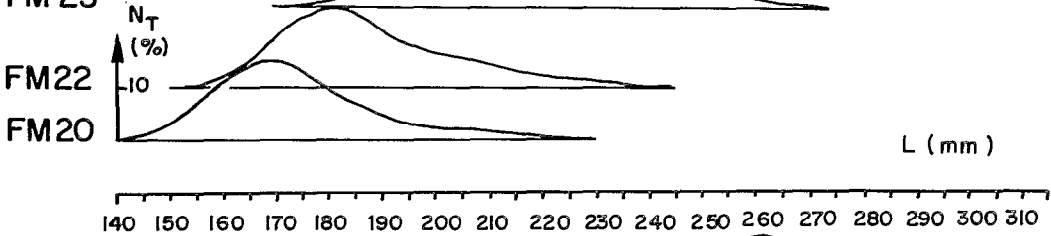
FM 35



FM 30

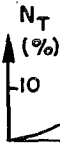


FM 25



FM22

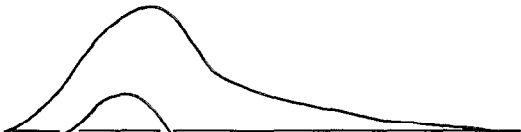
FM20



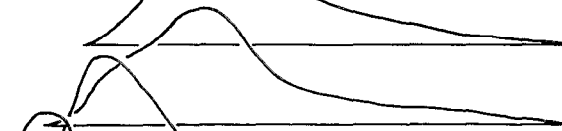
FM 18



FM 16



FM 15



FM 14



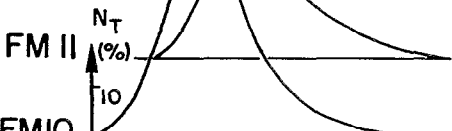
FM 13



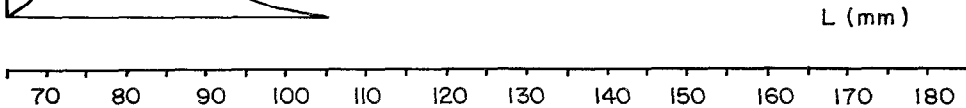
FM 12



FM II



FM IO



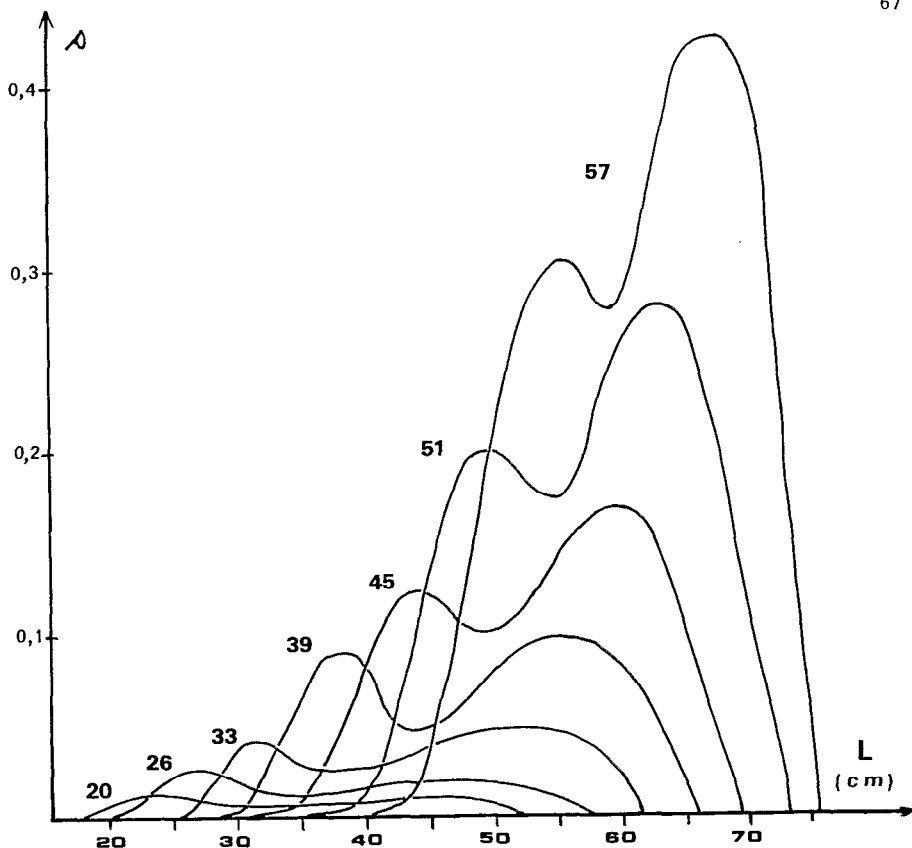


Figure 23 Courbe de sélectivité estimée des filets à maille de 20 à 57 mm pour *Stizostedion vitreum* (d'après Hamley et Regier, 1973). La bimodalité des courbes correspond à une capture par maillage et "emmêlage".

utilisées achoppent à cause de prémisses incorrectes, car la forme des courbes de sélectivité peut varier à l'intérieur d'une série de mailles donnée, et la hauteur des courbes de sélectivité augmente avec la maille.

En ce qui concerne l'étude des *Alestes baremoze* entreprise ici, nous n'avons pas cherché à faire une étude approfondie de sélectivité, d'une part parce que nous disposons par ailleurs d'échantillons non biaisés (senne de rivage, filets triangulaires de l'El Beïd); d'autre part, parce qu'il existe bon nombre de situations pour lesquelles la sélectivité n'intervient pas, ou peu. C'est ainsi que les FM 25, 30 et 35 donnent des courbes de capture avec un mode semblable dans le fleuve alors qu'avec les mêmes filets employés dans le lac on obtient des courbes classiquement décalées (fig.24). Ceci se produit quand le mode de la population (ici les adultes en migration) est très accusé et masque donc en grande partie la sélectivité propre des filets maillants.

Figure 22 Captures globales (% par classe de 5 mm) pour tous les filets maillants utilisés (1966-1974).

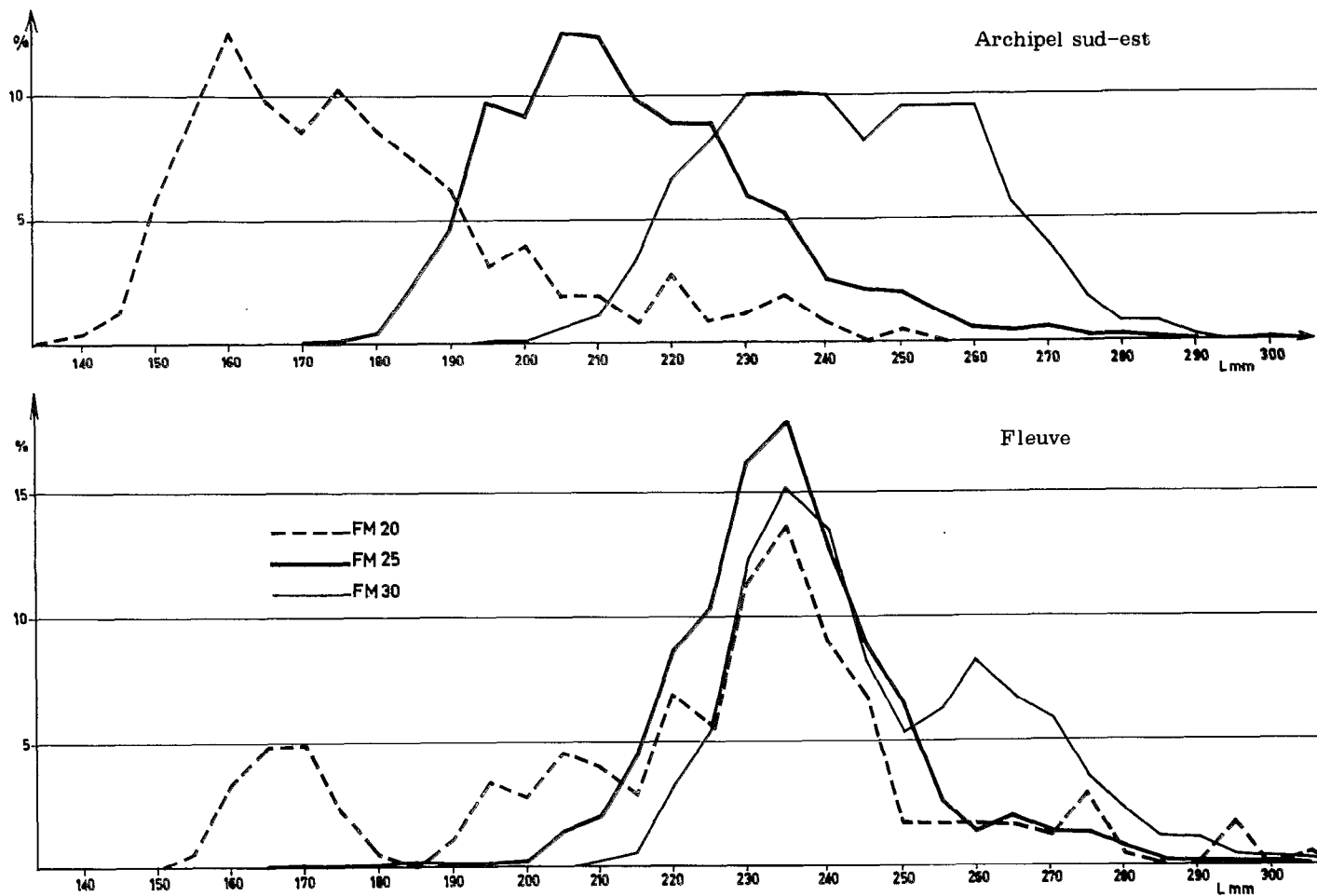


Figure 24 Comparaison des histogrammes obtenus (%) dans le lac et le fleuve pour les FM 20,25 et 30 (janvier 1966-mars 1967).

Nous nous contenterons ici de déterminer les tailles moyennes ( $\bar{L}_M$ ) et les écarts-type des tailles ( $\varsigma_L$ ) des distributions obtenues pour chaque filet de maille M ainsi que les intervalles de capture correspondants. Il faut être très prudent dans la détermination des meilleures valeurs de  $\bar{L}_M$  et de  $\varsigma_L$  car il existe de nombreuses sources de variation :

- il s'agit d'une espèce pour laquelle les structures de taille sont très marquées chez les jeunes puisque nous verrons que la reproduction a lieu une fois l'an, durant une période très courte;
- les migrations saisonnières ne jouent pas également sur toutes les tailles d'adultes;
- les différences de croissance entre sexes entraînent des valeurs plus ou moins élevées de  $\bar{L}_M$  et  $\varsigma_L$  suivant le sex-ratio des adultes.

Pour illustrer ce qui précède, on peut prendre l'exemple des données de l'archipel sud-est (station de Lafia) en 1971 et 1972. Les calculs faits sur tous les *Alestes baremose* mesurés conduisent aux graphiques de la figure 25. La relation  $\bar{L}_M$  / Maille est sensiblement linéaire (et assez proche de la relation générale que nous établirons plus loin). De la même manière, nous verrons que la relation  $\varsigma_M$  / M correspond à une droite dans le cas général, et ce n'est pas du tout le cas pour les données correspondantes de la figure 25. Cette distorsion s'explique ici par l'intervention de deux modes de tailles assez proches en 1972 et correspondant à des poissons capturés par les FM 12 à 16 d'où une augmentation très importante de la dispersion pour ces filets.

Nous avons donc effectué un premier tri des données en éliminant tout d'abord les captures aberrantes (1). Ensuite, les échantillons tels celui décrit ci-dessus ont été éliminés. Enfin, la connaissance a posteriori de la répartition des tailles dans le milieu nous a permis de donner plus d'importance aux échantillonnages effectués par des FM pour lesquels toutes les tailles susceptibles d'être capturées étaient bien représentées dans le milieu.

Les calculs effectués montrent que la différence de croissance entre sexes n'introduit pas de biais importants jusqu'au FM 25. Pour celui-ci les différences deviennent appréciables et au-dessus (FM 28,5 à 40) elles sont toujours hautement significatives. Pour les grandes mailles nous avons donc tenu compte du sex-ratio et calculé  $\bar{L}_M$  et  $\varsigma_M$  à partir des pourcentages de l'effectif total par classe de longueur quand le sex-ratio n'était pas proche de un.

Les résultats sont présentés dans le tableau VII et sur les figures 26 et 27. Les filets locaux ne peuvent être assimilés aux filets expérimentaux

(1) Ceci à partir de mesures des périmètres extrêmes entre lesquels les *Alestes baremose* sont susceptibles de se mailler au niveau du préopercule et au début de la dorsale. La comparaison des tailles moyenne par FM et des périmètres, montre que le maillage se produit vers la dorsale chez les jeunes et près de l'opercule pour les adultes.

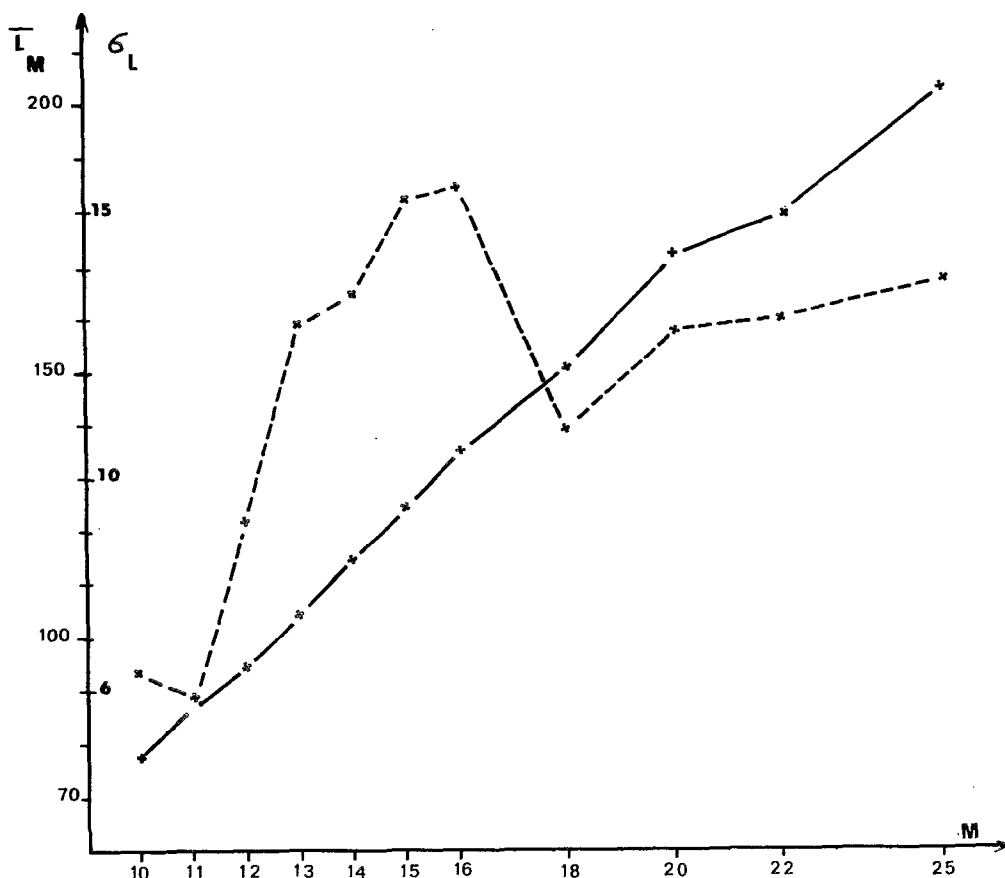


Figure 25 Longueur moyenne (—) et écart-type des longueurs (---) d'*Alestes baremose* capturés dans les filets maillants de la station de Lafia (1971-1972) dans l'archipel sud-est.

car ils en diffèrent notablement (le fil est, en particulier, beaucoup plus fin, ce qui explique la taille moyenne des *Alestes baremose* capturés dans le FM 25 local, soit de 20 mm supérieure à celle obtenue dans le FM 25 expérimental).

L'examen des longueurs moyennes montre que l'alignement des points en fonction de la maille est bon jusqu'au FM 25. Au delà, il y a une légère inflexion pour les FM 28,5 et 30 et les longueurs moyennes pour les FM 35 et 40 sont nettement inférieures à celles que l'on pourrait attendre d'après l'alignement des points entre les mailles 10 à 25. L'explication est la suivante : pour les FM 28,5 et 30 la taille maximale atteinte pour les mâles est nettement inférieure à la taille maximale capturable par ces filets, d'où un biais, léger dans la mesure où les tailles des femelles correspondent bien à l'intervalle de capture des filets. Pour les FM 35 et 40 par contre, les



Tableau VII Caractéristiques, pour chaque maille, des distributions de longueur d'*Alestes baremose* (mâles et femelles regroupés).

FM	$\bar{L}_M$	$\sigma_L$	N	LIEUX	DATES
10	80,770	6,6376	1202	Archipel sud-est surtout	1966-72
11	86,493	5,8633	298	Archipel sud-est surtout	1971-72
12	91,043	5,9082	417	Eaux libres du sud-est	1970
	94,955	9,1942	549	Archipel sud-est	1971-72
13	104,242	9,2295	231	Archipel sud-est	1971-72
14	113,067	10,5678	723	Archipel sud-est	1971-72
15	127,803	12,1238	371	Archipel sud-est	1968-69
	118,474	10,5550	272	Archipel sud-est	1971
16	126,848	11,9964	374	Archipel et eaux libres du sud-est	1970-71
18	151,010	12,7705	795	Archipel sud-est surtout	1969-72
20	175,253	19,8647	592	Archipel sud-est	1966-70
	175,466	12,4453	912	Archipel sud-est	1971
	177,260	16,7765	989	Cuvette nord	1973
22	187,761	15,6148	134	Archipel et eaux libres du sud-est	1966-70
	182,786	13,0180	524	Archipel sud-est	1971
	193,770	20,1355	569	Cuvette nord	1973
25	216,059	18,7407	1132	Archipel sud-est	1967-69
	238,174	22,8320	341	Delta	1966-69
	236,107	16,5961	619	Fleuves	1966-70
	203,255	13,7550	298	Archipel sud-est	1971
	218,697	17,2454	142	Delta	1972
	206,258	16,9252	779	Cuvette nord	1973-74
30	242,525	17,1895	2428	Cuvette sud	1966-70
	251,312	18,6734	3109	Fleuves et delta	1966-70
	246,969	17,6166	1488	Delta	1971-72
	238,072	15,8887	1753	Cuvette nord	1973-74
35 <sup>+</sup>	277,230	13,6665	565	Fleuves	1966-70
	279,539	13,0165	575	Delta	1971-72
	259,282	12,9630	195	Cuvette nord	1973
	271,432	14,0104	454	Cuvette nord	1974
40 <sup>+</sup>	290,663	11,2350	166	Fleuves	1966-70
	287,317	12,6540	41	Delta	1971-72
<u>Filets locaux</u>					
25	240,231	20,6403	927	Delta (pêcheurie)	1972-73
28,5	249,603	19,2414	6480	Delta (pêches expérimentales)	1971-72
	242,911	19,4750	749	Delta (pêcheurie locale)	1972-73

<sup>+</sup> Les FM 35 et 40 ne capturent que des femelles

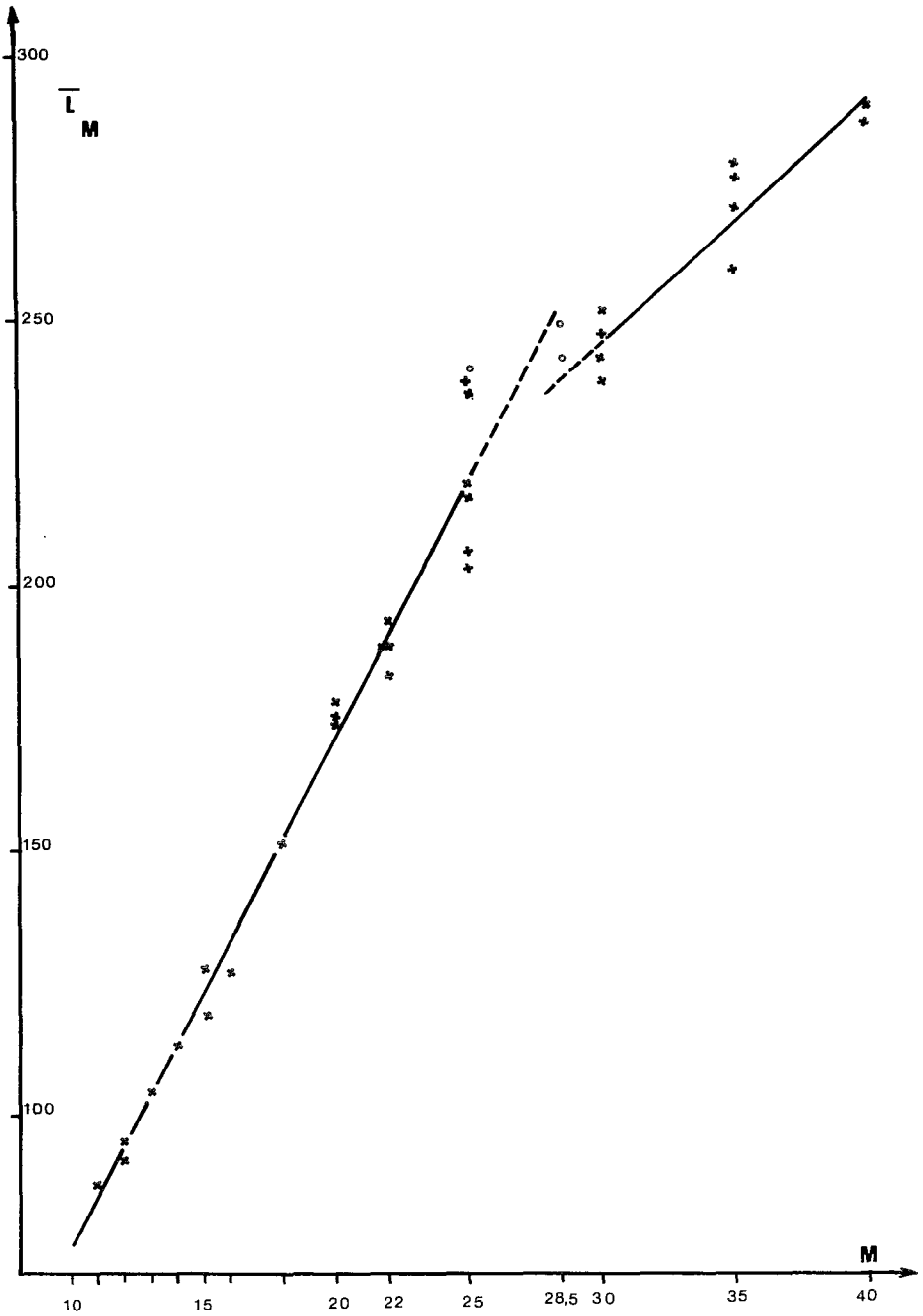


Figure 26 Relations entre maille (M) et longueur moyenne ( $\bar{L}_m$ ) pour l'ensemble des *Alestes baremoze* capturés de 1966 à 1974 (\*, filets expérimentaux; o, filets locaux).

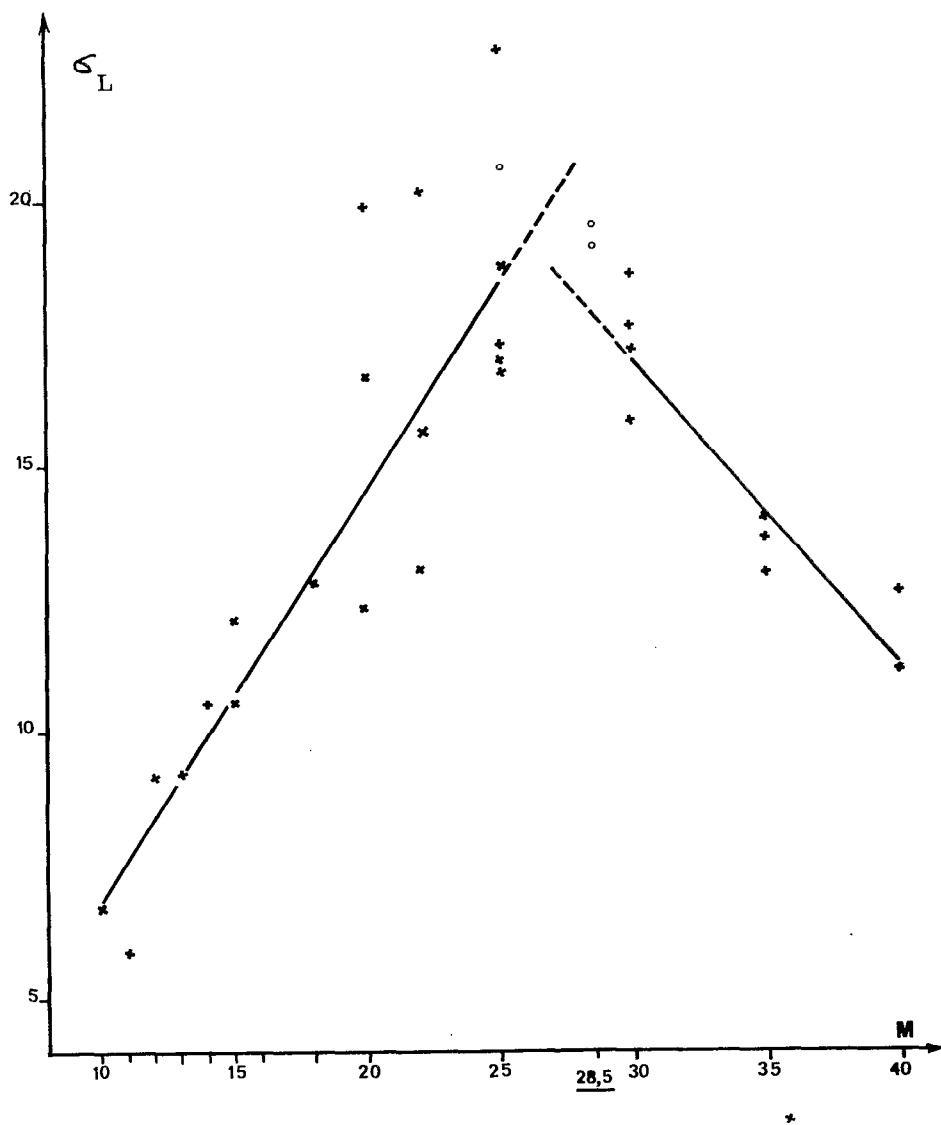


Figure 27 Relations entre maille (M) et écart-type des longueurs ( $\sigma_L$ ) pour l'ensemble des *Alestes baremoze* capturés de 1966 à 1974 (x, filets expérimentaux; o, filets locaux).

tailles des femelles d'*Alestes* les plus grandes présentes dans le milieu ne couvrent que la partie inférieure de l'intervalle de capture.

Pour les FM 10 à 25, la régression de  $\bar{L}_M$  en M, correspond à l'équation  $\bar{L}_M = 9,587M - 20,200$  (1),  $r = 0,988$ . Les points correspondant aux FM 30, 35 et 40 sont eux, alignés suivant la droite  $\bar{L}_M = 4,750M + 109,042$  (2).  $r = 0,937$ . Les deux droites se coupent pour une maille d'environ 27 mm et une longueur standard moyenne de 235 mm (fig.26). On peut remarquer que les points correspondants aux filets locaux sont proches de l'intersection des deux droites.

En ce qui concerne les écarts-type, on trouve pour les FM 10 à 25 l'équation  $\sigma_L = 0,767M - 0,789$  (3); les points représentatifs sont nettement plus dispersés (fig.27) et donc la corrélation, moins bonne ( $r = 0,858$ ). Pour les mailles supérieures à 25 mm, la dispersion diminue rapidement ( $r = -0,913$ ) et l'on trouve l'équation (4)  $\sigma_L = -0,575M + 34,237$ .

Le tableau VIII donne des valeurs calculées de  $\bar{L}_M$  et  $\sigma_L$  d'après les équations (1) à (4) : les valeurs entre parenthèses correspondent aux équations (1) et (3), donc à la sélectivité théorique des FM 28,5 à 40, si les *Alestes baremoze* atteignaient des tailles nettement plus élevées, comme c'est par exemple le cas dans les lacs Albert et Rodolphe.

Tableau VIII Valeurs calculées de  $\bar{L}_M$  et  $\sigma_L$  d'après les relations (1) à (4) (cf. texte).

FM	$\bar{L}_M$	$\sigma_L$
10	75,673	6,8828
11	85,260	7,6500
12	94,848	8,4171
13	104,435	9,1843
14	114,022	9,9515
15	123,610	10,7187
16	133,197	11,4858
18	152,371	13,0202
20	171,546	14,5545
22	190,721	16,0888
25	219,483	18,3904
28,5	239,296 (253,038)	17,8525 (21,0763)
30	246,151 (267,419)	16,9901 (22,2271)
35	269,005 (315,355)	14,1156 (26,0621)
40	291,854 (363,292)	11,2411 (29,8979)

D'après ce qui précède il doit y avoir deux relations linéaires entre  $\bar{L}_M$  et  $\bar{S}_L$  pour les FM 10 à 25 d'une part et les FM 30 à 40 d'autre part. Il n'y a aucune raison ici de choisir une droite de régression et les équations respectives des axes majeurs réduits sont les suivantes :

$$\bar{L}_M = 10,847\bar{S}_L + 12,029 \quad (r = 0,891)$$

$$\text{et } \bar{L}_M = 7,748\bar{S}_L + 150,607 \quad (r = 0,840)$$

les droites correspondantes sont représentées sur la figure 28.

Les relations générales établies ici pour les distributions de taille d'*Alestes baremoze* ont été utilisées dans le cours de ce travail.

### 3 - STATIONS ET DONNÉES

Le choix des stations de pêche devait tenir compte à la fois des principaux milieux reconstruits et de nos moyens relativement réduits. C'est pourquoi dans un premier temps - 1966-70 - avons nous basé la récolte sur quatre stations principales visitées tous les deux ou trois mois les premiers temps - beaucoup plus sporadiquement ensuite. La figure 29 récapitule les diverses stations et les périodes d'observation de 1966 à 1977.

Ces quatre stations principales étaient :

- Bol, située dans l'archipel sud-est vers le milieu de la bordure nord-est (fig.29). Contrairement aux stations fluviales, la pêche locale avec des filets à maille moyenne a toujours été inexistante, alors qu'aux plus hautes eaux du lac (1966-67) les *Alestes* y étaient abondants. Durant cette première phase de l'étude, nous avons limité nos observations lacustres à la cuvette sud.
- Djimtilo, dans le delta du Chari, à dix-sept kilomètres du lac. C'est une station de transition entre les milieux fluviaux et lacustres qui permet d'observer les migrations anadromes et catadromes. C'était par ailleurs une zone de pêche intensive aux filets dérivants et dormants (tout au moins jusqu'en 1972, cf. chapitre VI).
- Maïlao et Logone-Gana, sises respectivement sur le Chari et le Logone, à soixante kilomètres environ en amont du confluent de

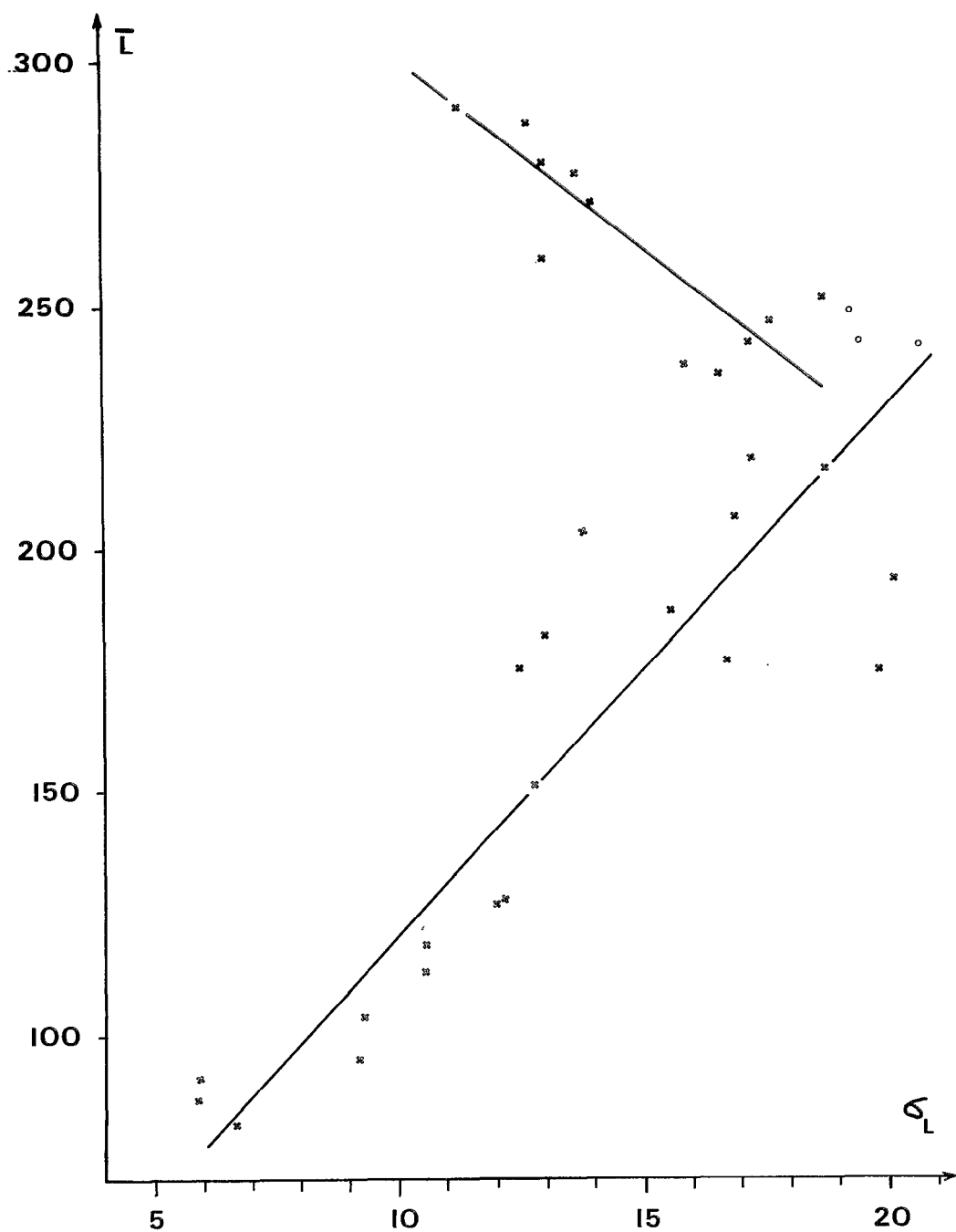


Figure 28 Relations entre  $\bar{L}_M$  et  $\sigma_L$  (1966-1974).

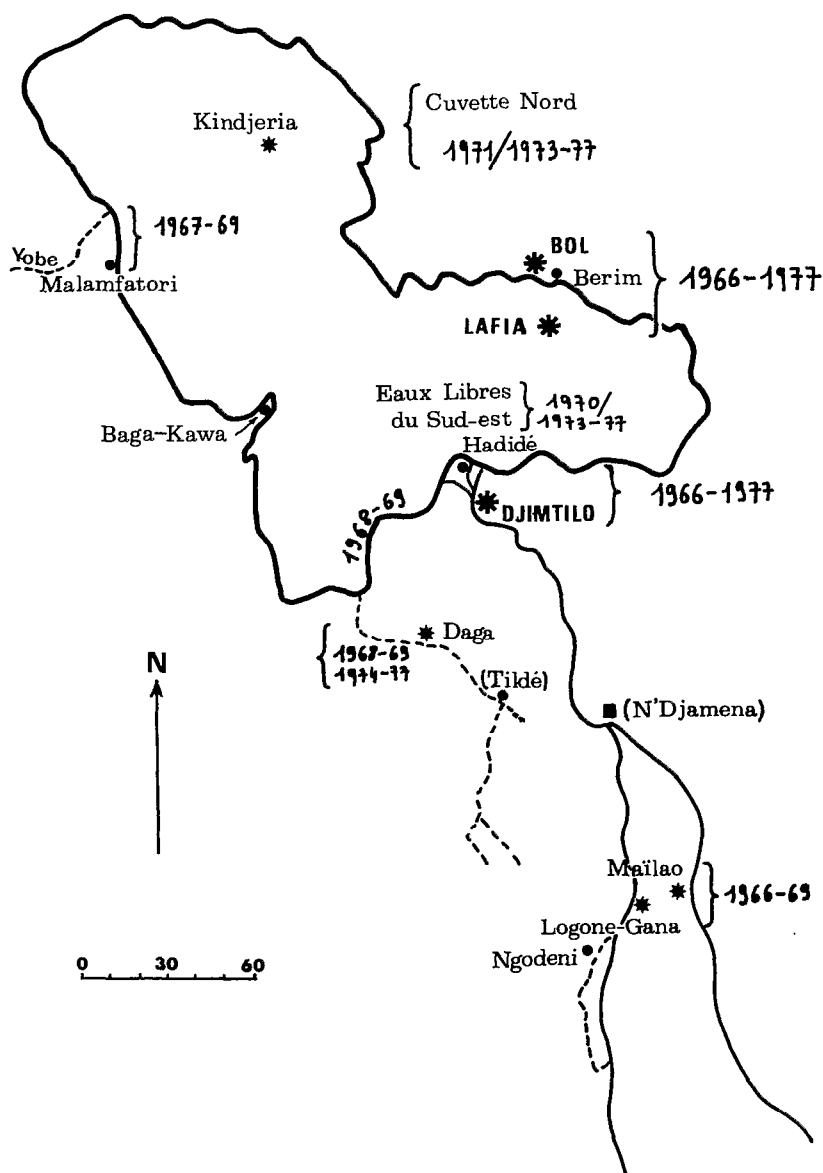


Figure 29

Lieux et périodes d'échantillonnage .

\*: stations de base; \*, • : prospections occasionnelles.

N'Djamena, ces deux stations sont caractéristiques des fleuves puisqu'elles sont éloignées du lac de plus de 200 km. D'un accès aisé, elles permettent l'étude de tous les milieux saisonniers. La pêche était assez active jusqu'en 1970; elle a presque totalement disparu depuis.

Les années 1971-72 constituent une deuxième phase dans la récolte des données : les stations fluviales sont abandonnées mais, en revanche, on installe des équipes permanentes de pêche dans le delta à Djimtilo et dans l'archipel sud-est à Lafia, de façon à avoir un échantillonnage continu pendant une période assez longue : de 1971 à 1973 pour Lafia et Djimtilo. Parallèlement fut effectuée la première prospection de la cuvette nord du lac (février 1971).

L'accélération de la baisse du lac devait conduire à une interruption de l'activité des équipes permanentes. On continua cependant à visiter régulièrement l'archipel sud-est (Bol) et le delta (Hadidé) ainsi que les eaux libres du sud-est. Cette troisième phase (1973-1977) est caractérisée par une surveillance de l'évolution de la cuvette nord pendant l'assèchement (station de Kindjeria en particulier, (fig.29).

En dehors des stations ou zones de base, des prospections ont été effectuées dans les eaux libres du sud-est en 1970, le long de la bordure camerounaise de la cuvette nord en 1968-69, à N'Djamena en 1970 et dans les zones inondées et leurs annexes, en particulier à Ngodeni sur le Logomatia et surtout sur l'El Beïd où une station permanente fut installée durant la saison de pêche 1968-69 à Daga. Les observations furent reprises chaque année à partir de 1974. Rappelons pour terminer que la bordure occidentale de la cuvette nord a été étudiée par J. Hopson de 1967 à 1969 à partir de Malamfatori et à l'embouchure de la rivière Yobé (fig.29).



### *Chapitre III*

## *REPRODUCTION ET DÉVELOPPEMENT LARVAIRE*

### **1 - LA SEXUALITÉ**

#### *1.1 DISTINCTION DES SEXES*

Chez les jeunes *Alestes* il est nécessaire de procéder à l'observation directe des gonades; celle-ci permet de distinguer les sexes dès que les poissons atteignent une longueur standard de 60 mm. On observe deux aspects : soit des bandelettes transparentes mesurant de 0,5 à 1 mm dans leur plus grande largeur, soit deux filaments environ dix fois plus étroits et visibles seulement à la loupe binoculaire. Les bandelettes sont les gonades femelles, les filaments les gonades mâles. C'est entre 60 et 100 mm qu'apparaissent chez les femelles les ovogonies, grosses cellules de 0,04 à 0,008 mm, à noyau granuleux, qui occupent toute la gonade à partir d'une taille de 100 mm.

Chez les *Alestes baremoze* adultes les mâles et les femelles se distinguent facilement d'après l'aspect de la nageoire anale. Le bord externe de l'anale forme une courbe légèrement et régulièrement concave chez les

femelles. Chez les mâles, l'anale présente un lobe antérieur convexe, quelques rayons étant nettement plus longs que ceux qui les précèdent et ceux qui les suivent. Chez les immatures, l'anale a le même aspect que chez les femelles. Il est toujours indispensable de séparer les sexes car la croissance des femelles est notablement plus rapide que celle des mâles : l'écart entre les longueurs standard maximales est de l'ordre de sept centimètres pour une taille maximale observée d'environ trente deux centimètres. Les différences entre sexes apparaissent d'ailleurs dans d'autres domaines : on peut citer les valeurs et les vitesses de variation du coefficient de condition (chapitre IV) et l'écart entre les moyennes vertébrales des deux sexes qui est hautement significatif (chapitre V).

Pour savoir à quelle taille moyenne ce dimorphisme apparaît, nous avons procédé à des observations systématiques de l'anale et des gonades chez les *Alestes baremoze* mesurant de 125 à 205 mm et provenant du réseau fluvial et de l'archipel sud-est du lac (Durand et Loubens, 1970b). Les résultats obtenus sont les mêmes dans ces deux régions. Si l'observation de l'anale ne permet pas toujours d'identifier le sexe au dessous de 190 mm, dès 160 mm les erreurs sont rares : 7,7% seulement pour cette taille que l'on peut retenir comme taille moyenne à l'apparition de ce caractère sexuel secondaire chez les mâles. Le dimorphisme s'accroît ensuite, au fur et à mesure que la taille augmente, et un minimum d'entraînement permet de séparer les sexes sans examen des gonades avec une certitude absolue pour les adultes.

## 1.2 TAILLES ET AGES DE MATURITE SEXUELLE

La taille de maturité sexuelle est la taille à laquelle le poisson est susceptible de se reproduire pour la première fois. Pour la déterminer il convient d'examiner les gonades en pleine maturation c'est à dire de juin à septembre dans le cas des *Alestes baremoze*.

Les *Alestes baremoze* ont été répartis en deux catégories d'après l'état de leurs gonades : les immatures et les adultes en repos sexuel (notés  $\sigma^-$  et  $\varphi^-$ ); les individus en maturation, en reproduction ou venant de se reproduire (notés  $\sigma^+$  et  $\varphi^+$ ). On prend conventionnellement comme taille de première maturité sexuelle celle pour laquelle la moitié des individus se reproduisent.

Il est nécessaire de considérer séparément le réseau fluvial et le lac.

### 1.21 Tailles de maturité sexuelle dans les fleuves

Trois séries de données sont disponibles (tableaux IX et X; fig. 30 et 31) d'une part celles récoltées de 1966 à 1969 sur les fleuves en amont du confluent (Mailao, Logone-Gana), au confluent (N'Djamena) et au delta (Djimtilo); d'autre part, les données des équipes de pêche du delta (Djimtilo) en 1971 et 1972.

En 1966-69, plus de la moitié de la classe de 180 mm pour les mâles et de la classe de 210 mm pour les femelles, se reproduisent. En 1971 les valeurs correspondantes deviennent 190 mm pour les mâles et 185 pour les femelles. En 1972, on ne rencontre plus de classes de taille comportant une proportion notable d'*Alestes* en repos sexuel. Dans tous les cas la très grande majorité des *Alestes* est en maturation à partir de 200 à 210 mm pour les mâles et 210 à 220 mm pour les femelles.

Tableau IX Proportions de mâles en activité sexuelle ( $\sigma^+$ ) dans le système fluvial.

L (mm)	1966-1969			1971			1972		
	$\sigma^-$ (n)	$\sigma^+$ (n)	$\sigma^+$ %	$\sigma^-$ (n)	$\sigma^+$ (n)	$\sigma^+$ %	$\sigma^-$ (n)	$\sigma^+$ (n)	$\sigma^+$ %
120	12		0,0						
135	7	1	(12,5)						
150	4	1	(20,0)	7		(0,0)			
165	10	4	28,6	28	2	6,7		1	
180	10	15	60,0	50	36	41,9	1	12	92,3
195	3	19	86,4	69	109	61,2		6	(100,0)
210	1	51	98,1	41	140	77,3		29	100,0
225	0	500	100,0	38	318	89,3	5	67	93,1
240				25	475	95,0	3	93	96,9
255				8	143	94,7		16	100,0
270					10	100,0		3	

Les pourcentages entre parenthèses correspondent à des effectifs totaux inférieurs à dix.

Tableau X Proportions de femelles en activité sexuelle (q+) dans le système fluvial.

L (mm)	1966-69			1971			1972		
	q <sup>-</sup> (n)	q <sup>+</sup> (n)	q <sup>+</sup> %	q <sup>-</sup> (n)	q <sup>+</sup> (n)	q <sup>+</sup> %	q <sup>-</sup> (n)	q <sup>+</sup> (n)	q <sup>+</sup> %
120	8	1	11,1						
135	7		0,0						
150	4	2	33,3						
165	8	1	11,1	19		0,0	2		
180	9	3	25,0	1	2	(66,7)		2	71,4
195	8	3	27,3	3	18	85,7		1	
210	4	5	55,5	2	36	94,7		2	
225	2	19	90,5	3	73	96,1	4	13	76,5
240	3	85	96,6	7	147	95,4	4	36	90,0
255	0	500	100,0	9	315	97,2	10	46	82,1
270				5	293	98,3	11	44	80,0
285				5	180	97,3	2	16	88,9
300				3	40	93,0	1	7	72,7
315					11	100,0	2	1	

1.22 Tailles de maturité sexuelle dans l'archipel sud-est

Les résultats obtenus dans l'archipel sud-est du lac Tchad de 1966 à 1969 d'une part et en 1971 et 1972 d'autre part sont consignés dans les tableaux XI et XII et représentés dans les figures 30 et 31.

Il existe pendant la période de reproduction une proportion importante de grands individus ne présentant aucun signe de maturation sexuelle : de l'ordre de 30 à 40% pour les plus grandes tailles dans chaque sexe. Si la saison de reproduction au sens large, c'est à dire la saison pendant laquelle il est possible d'observer des individus à gonades développées, était beaucoup plus longue que le cycle de maturation des femelles, certaines d'entre elles

Tableau XI Proportions de mâles en activité sexuelle ( $\sigma^+$ ) dans l'archipel sud-est.

L (mm)	1966-1969			1971-1972		
	$\sigma^-$ (n)	$\sigma^+$ (n)	$\sigma^+$ %	$\sigma^-$ (n)	$\sigma^+$ (n)	$\sigma^+$ %
120-155	161		0,0	13		0,0
160-170				14	4	22,2
175-180				12	13	52,0
185-190				12	29	70,7
195-200				8	30	79,0
205-215	61	8	11,6	10	21	67,7
220-225	31	7	18,4		4	(85,7)
230-235	18	8	30,8	1	6	
240-250	7	18	72,0	1	2	

Tableau XII Proportions de femelles en activité sexuelle ( $\phi^+$ ) dans l'archipel sud-est.

L (mm)	1966-1969			1971-1972		
	$\phi^-$ (n)	$\phi^+$ (n)	$\phi^+$ %	$\phi^-$ (n)	$\phi^+$ (n)	$\phi^+$ %
120-165	38		0,0	30		0,0
170-180				12	5	29,4
185-195				19	5	20,8
200-210	22	1	4,3	13	14	51,9
215-220	31	3	8,8	11	28	71,8
225-230	47	7	13,0	9	19	67,9
235-240	52	17	24,6	5	14	73,7
245-250	89	23	20,5	5	10	66,7
255-260	67	39	36,8	2	3	(61,5)
265-270	31	29	48,3		1	
275-300	14	19	57,6	3	4	

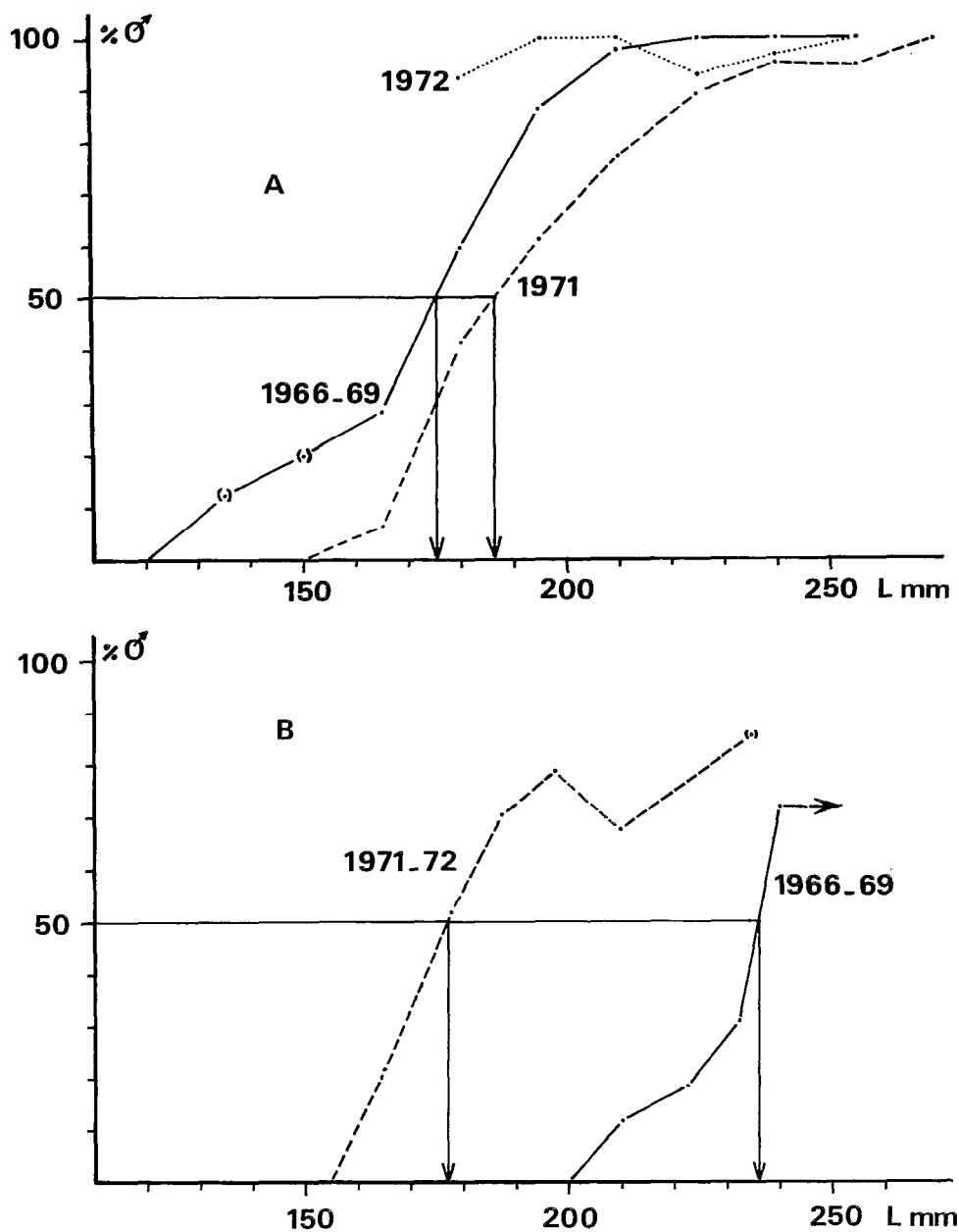


Figure 30 Tailles de maturité sexuelle des mâles dans le système fluvial (A) et dans l'archipel sud-est (B).

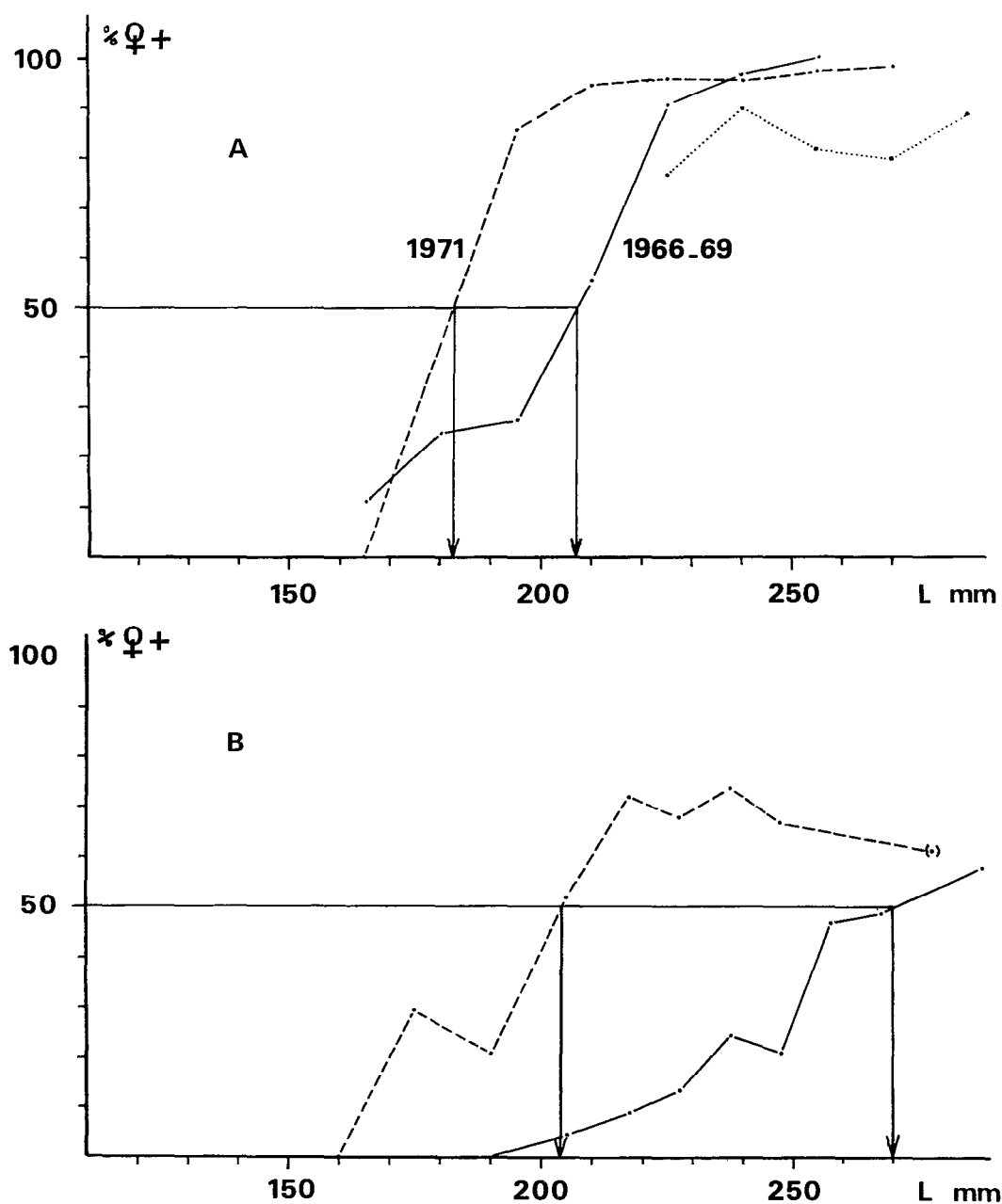


Figure 31 Tailles de maturité sexuelle des femelles dans le système fluvial (A) et dans l'archipel sud-est (B).

pourraient entrer en maturation bien après le début de la saison de reproduction, alors que d'autres se retrouveraient en repos sexuel avant la fin de cette saison, après s'être reproduites précocement. Or le cycle de maturation des femelles dure de quatre à cinq mois, et la saison de reproduction dans l'archipel cinq mois. On ne devrait donc observer de femelles en repos qu'au début et à la fin de la saison de reproduction. On observe le même phénomène pour les mâles. On est donc conduit à admettre que dans l'archipel les *Alestes baremoze* ne se reproduisent pas chaque année.

Si ce phénomène paraît constant quelle que soit l'année, les tailles de maturité sexuelle, elles, ont considérablement varié : les 50% de maturité étaient atteints à 235 mm en 1966-69 pour les mâles, ils le sont dès 180 mm en 1971-72 ; pour les femelles on passe de 265 à 205 mm. Les courbes sont décalées vers les tailles les plus faibles : la plus petite femelle en maturation avait 201 mm en 1966-69; 165 mm en 1971 (fig.31). L'écart est du même ordre pour les mâles (fig.30).

### 1.23 Discussion

Les estimations qui précèdent ne se rapportent pas à des structures démographiques identiques. Dans le système fluvial, les *Alestes baremoze* sont toujours rares en dessous de 200 mm, ainsi qu'en témoignent les effectifs des tableaux IX et X : ceux-ci ne sont importants qu'en 1971, en relation avec un effort total de pêche très supérieur à celui des autres années. Dans l'archipel sud-est les structures en taille ont notablement changé entre 1966-69 et 1971 : alors que les grandes tailles étaient très communes auparavant elles sont devenues très rares et les poissons mesurant de 150 à 200 mm dominant dans les pêches effectuées en 1971-72.

Par ailleurs, estimer une taille pour laquelle 50% des *Alestes* se reproduisent dans l'archipel, n'a guère de sens alors que cette proportion plafonne à 60 ou 70% quelle que soit la taille considérée. Il faut donc se baser sur le système fluvial : chez les mâles la taille de maturité sexuelle est de l'ordre de 180 mm (c'est d'ailleurs la taille trouvée dans l'archipel en 1971-72); tous se reproduisent pour une longueur standard de 210 mm. Chez les femelles, la taille de maturité sexuelle était de l'ordre de 210 mm en 1966-69 et la maturation était générale à une taille de 240 mm environ.

Les tailles ne sont qu'un intermédiaire pour connaître l'âge à la première reproduction. Les mâles atteignent 200 mm à deux ans (chapitre VII) et 225 mm à trois ans. 210 mm correspondant à une taille intermédiaire, on doit en conclure qu'une fraction des mâles de deux ans et la totalité des mâles de trois ans se reproduisent. Chez les femelles, les résultats sont du même ordre avec un léger décalage, les tailles à deux et trois ans étant



respectivement de 205 et 240 mm. On peut noter ici que, malgré leur taille très réduite, les plus petits *Alestes* en maturation (un mâle de 128 mm et une femelle de 116 mm capturés en juin dans une mare du lit majeur du Chari) présentaient deux marques d'arrêt de croissance sur leurs écailles.

Dans la cuvette nord du lac, J. Hopson (1972) arrive à une conclusion voisine puisqu'elle écrit que les *Alestes baremoze* se reproduisent à trois ans. Cet auteur n'a pas cependant constaté de reproduction partielle à deux ans comme nous. Par ailleurs, les tailles de maturité sexuelle semblent être nettement plus élevées dans le nord du lac, nous verrons que ceci correspond probablement à des différences entre les diverses populations d'*Alestes baremoze*, en ce qui concerne, en particulier, la croissance.

On peut donc conclure que - dans le cadre d'un lac Tchad normal - tous les *Alestes baremoze* se reproduisaient à trois ans et une fraction d'entre eux - peu considérable d'après les tailles rencontrées dans le système fluvial - à deux ans. Il n'en est plus de même avec la baisse du lac et les résultats de 1971-72 montrent que la maturité sexuelle est devenue plus précoce et que mâles et femelles se reproduisent en totalité vers 200-220 mm, ce qui correspond à un âge moyen de deux ans.

### 1.3 SEX - RATIO

Il est important de connaître les proportions relatives des deux sexes dans une espèce où les croissances sont notablement différentes et où l'estimation de la production devra donc être faite séparément pour chaque sexe.

Deux types de biais doivent être évités : d'une part ceux liés à la sélectivité des engins utilisés, d'autre part ceux ayant trait au comportement des poissons comme l'a constaté J. Hopson (1972) selon qui la prédominance de femelles d'*Alestes baremoze* dans les prises à la senne de l'embouchure de la Yobé doit être expliquée par une tendance très forte de ce sexe à se rassembler sur les lieux de reproduction. Nous n'avons donc tenu compte que des résultats globaux rassemblés dans le tableau XIII.

Il faut accorder plus de confiance aux estimations faites à partir de captures à la senne et au haveneau car la mise en oeuvre d'une batterie de filets maillants ne permet pas toujours d'exercer un effort de pêche égal sur toutes les tailles rencontrées. Si l'on regroupe les captures au haveneau et à la senne qui concernent trois groupes d'importance égales (2.441 jeunes de première année, 1.927 jeunes de deuxième année, 2.322 adultes), le sex-

ratio est de 50, 60% de mâles ( $\pm 1,20$ ). On peut donc considérer que l'importance numérique globale de chaque sexe est sensiblement équivalente. Ceci ne préjuge pas d'éventuelles disparités entre les effectifs de chaque sexe pour un âge donné, en fonction de mortalités et de longévités dissemblables.

Tableau XIII Sex-ratios, en pourcentages d'*Alestes baremoze* et intervalles de sécurité correspondants (risque 5%).

Catégorie d'individus	Lieu	Date	Engin	NT	% ♂
Jeunes de première année	Daga (El Beïd)	13-16/12/67	Haveneau	2441	52,97 $\pm$ 1,98
Jeunes de deuxième année	Archipel sud-est	8/8-10/9/68	Senne	1134	48,15 $\pm$ 2,80
		1971-1972	Senne	793	51,58 $\pm$ 3,48
		1971-1973	FM 20 à 40	4025	56,35 $\pm$ 1,53
Adultes	Archipel sud-est	8/8-10/9/68	Senne	606	47,85 $\pm$ 3,20
	Logone-Gana et Maïlao	1966-1970	Senne	1716	49,59 $\pm$ 2,37
	Djimtilo	1971	FM 20 à 40	7150	57,41 $\pm$ 1,15
	Djimtilo	1972	FM 20 à 40	3388	49,41 $\pm$ 1,68

## 2 - LA REPRODUCTION

### 2.1 ECHELLES DE MATURATION

On peut caractériser des stades d'évolution des gonades d'après l'aspect macroscopique (forme, couleur, vascularisation), l'aspect et la taille des éléments obtenus après dilacération, le rapport gonadosomatique ou R.G.S.

#### 2.11 Echelles de maturation des femelles

Stade 0 ( $f_0$ ) : femelle immature. Ovaires formant deux bandelettes transparentes sans vascularisation visible à l'oeil nu. Ovocytes à gros noyau sphérique

d'aspect granuleux dont le diamètre atteint environ la moitié de celui de la cellule. La largeur des ovaires est de 1 mm pour des *Alestes baremoze* de 80 mm, de 1,5 à 2 mm pour des individus de 100 à 130 mm. Le diamètre des ovocytes reste inférieur à 0,1 mm. (1)

Stade 1 ( $f_1$ ) : femelle prépubère et femelle en repos sexuel. L'aspect des ovaires et des ovocytes est le même que chez les immatures. Toutefois, les ovaires peuvent être plus gros (5 à 10 mm de large) et parfois légèrement rosâtres. Les ovocytes sont transparents; ils peuvent atteindre jusqu'à 0,2 mm. Le R.G.S. varie de 0,2 à 0,4%.

Stade 2 ( $f_2$ ) : femelle en début de maturation. Les ovaires, un peu plus développés, gardent la forme de bandelettes; il n'ont pas de vascularisation visible à l'oeil nu; ils présentent en lumière transmise des zones opaques imbriquées dans des zones encore translucides. Dans les zones opaques l'on remarque, outre les ovocytes déjà décrits qu'on peut appeler ovocytes en repos, des ovocytes en début de maturation marquant le commencement de la vitellogenèse. En grandissant, les ovocytes s'opacifient; ils mesurent de 0,2 à 0,4 mm. Le R.G.S. est compris entre 0,4 et 1,5%.

Stade 3 ( $f_3$ ) : femelle en maturation. Les ovaires sont entièrement opaques; ils ont pris en coupe transversale une forme arrondie. La vascularisation est bien visible. La coloration, d'abord grisâtre ou marron, tend à virer au vert clair quand les ovaires se développent. En plus des deux sortes d'ovocytes déjà signalées il y a de nombreux ovocytes complètement opaques mesurant de 0,4 à 1,0 mm. Le R.G.S. est compris entre 1,5 et 4%.

Stade 4 ( $f_4$ ) : femelle en maturation avancée. Les ovaires forment deux sacs volumineux généralement vert clair. La vascularisation de la face interne de l'ovaire tend à diminuer. On observe toujours les trois sortes d'ovocytes déjà signalées mais la taille moyenne des ovocytes opaques est élevée, voisine de 1,0 mm quand le R.G.S. devient supérieur à 10%. Il est possible chez une femelle en maturation très avancée d'obtenir la sortie des oeufs par pression modérée sur l'abdomen, mais ces oeufs ne sont pas encore mûrs; nos tentatives de fécondation artificielle avec ces oeufs ont échoué alors qu'elles ont réussi avec les oeufs de femelles au stade 5. Le R.G.S. peut atteindre 16 %.

Stade 5 ( $f_5$ ) : femelle mûre, prête à pondre ou déjà partiellement vide. Les ovocytes qui vont être pondus subissent une dernière transformation. Ils redeviennent translucides et grossissent encore pour atteindre 1,1 à 1,3 mm. Ils sont libres à l'intérieur de l'ovaire. Cette transformation change l'aspect des ovaires qui, d'un vert clair brillant, passe à un brun clair mat. Il est difficile de connaître le R.G.S. peu avant la ponte, car les femelles perdent alors leurs oeufs très facilement. Deux femelles mûres dont

---

(1) Les ovocytes ont été mesurés suivant leur plus grande dimension.

les ovaires paraissaient intacts avaient des R.G.S. de 17,2 et 18,0%. Outre les oeufs mûrs, les ovaires renferment toutes les autres sorte d'ovocytes au voisinage de l'enveloppe de l'ovaire. Ce stade ne dure que quelques heures, et n'a été observé qu'au coeur de la saison de ponte.

Stade 6 ( $f_6$ ) : femelle venant de pondre ou épuisée. Les ovaires sont flasques et sanguinolents, de volume réduit. Ils peuvent contenir quelques oeufs mûrs qui n'ont pas été pondus. Ils renferment aussi des petits ovocytes en repos et d'autres en maturation qui ne dépassent pas 0,8 mm. On observe parfois des corpuscles noirâtres, de 0,7 à 0,8 mm au maximum, dispersés dans toute la masse de l'ovaire (hématomes ?). Le R.G.S. varie de 1,0 à 3,0%.

Stade 7 ( $f_7$ ) : femelle en deuxième maturation après la ponte. Les ovaires, de couleur brune, se réorganisent et redeviennent plus fermes. Les corpuscles noirâtres disparaissent. Le R.G.S. peut atteindre des valeurs assez élevées, jusqu'à 7,5%. La structure de ces ovaires est parfois assez proche de celle d'un ovaire en première maturation. Leur coloration différente, leurs parois moins fermes, le fait qu'on les observe surtout à la fin de la saison des pontes, conduit à penser qu'il s'agit de femelles ayant déjà pondu et commençant une deuxième ponte. Le passage du stade 7 au stade 1 n'a pas été observé.

## 2.12 Echelle de maturation des mâles

Stade 0 ( $m_0$ ) : mâle immature. Les testicules se présentent sous la forme de deux filaments très minces, peu ou pas visibles à l'oeil nu, souvent enrobés de graisse.

Stade 1 ( $m_1$ ) : mâle en activité sexuelle. Nous avons dû regrouper dans ce stade les mâles en maturation, mûrs ou épuisés, car la distinction de ces différents états est très difficile. Il existe tous les intermédiaires depuis des testicules commençant à se développer jusqu'à des testicules flasques, sanguinolents, ne refermant plus de laitance, en passant par des testicules gonflés entièrement blancs à sperme fluent. D'autre part on ignore à partir de quel moment le sperme est réellement fécondant car son aspect ne change pas au cours de la maturation. Le R.G.S., extrêmement faible chez les individus en repos sexuel (inférieur à 0,1%) peut atteindre 1,0%.

## 2.2 CYCLE DE MATURATION DES GONADES. LIEUX ET EPOQUES DE FRAIE

Ce sont les femelles qui fournissent les meilleures données pour cette étude, car les stades de maturation des testicules sont peu diversifiés et les R.G.S. des mâles peu élevés.

### 2.21 Mâles

Deux catégories seulement ont été retenues, mâles en repos ( $m_1$ ) et mâles en activité sexuelle ( $m_2$ ). Les tableaux XIV et XV rassemblent les résultats obtenus pour le système fluvial de 1966 à 1968 et le delta d'une part, pour l'archipel sud-est d'autre part.

Dans l'ensemble fluvial tous les mâles sont en repos de janvier à avril et après une courte période de transition (avril) ils sont tous en activité sexuelle de mai à août (fig.32). La proportion de mâles en activité décroît en septembre et surtout octobre et il n'y a plus de mâles en activité en novembre et décembre. Les observations faites en 1971 et 1972 à Djimtilo ne montrent pas de changement dans les époques de maturité sexuelle des mâles du système fluvial. Le R.G.S. moyen n'est jamais très élevé et oscille de 0,27 (Maïlao, début juin 1966) à 0,72 (delta, mi-septembre 1966).

En ce qui concerne l'archipel sud-est (tableau XV et fig.32) le phénomène est nettement différent puisque la période de maturation est plus restreinte (juin à septembre) et qu'il y a toujours une proportion importante de mâles ayant atteint la taille de maturité sexuelle et ne se reproduisant pas.

### 2.22 Femelles

Les fréquences relatives des femelles aux différents stades de maturation sexuelle et les R.G.S. moyens sont indiqués en fonction de la date et du lieu dans les tableaux XVI à XVIII. Les échantillons sont rangés dans l'ordre chronologique des mois du cycle annuel. N est le nombre de femelles dont les ovaires ont été examinés au cours de chaque période d'observation, n est le nombre de femelles d'après lequel a été calculé le R.G.S. moyen ( $\overline{R.G.S.}$ ). Pour calculer celui-ci, nous avons employé deux méthodes : soit en choisissant un certain nombre d'ovaires au hasard; soit en établissant par des pesées les valeurs moyennes du R.G.S. pour les différents stades de maturation en utilisant ensuite les fréquences des femelles à ces stades.

Tableau XIV Fréquences relatives (%) de mâles en activité sexuelle ( $m_2$ ) dans le système fluvial (1966-72).

LIEUX	DATES	$m_1$	$m_2$	N
Logone Chari Delta	Janvier à avril	100	0	315
Delta	23-26/4/66	54	46	334
Logone Chari Delta	Mai à août	0	100	1418
Mailao	Septembre	9	91	126
Logone Chari Delta	Mi-octobre à décembre	100	0	108

Tableau XV Fréquences relatives (%) de mâles en activité sexuelle ( $m_2$ ) dans l'archipel sud-est (1966-68).

DATES	$m_1$	$m_2$	N
5-9/2/1966	100		103
24/2-2/3/1967	100		160
27-29/4/1966	100		49
30/6-5/7/1966	52	48	40
8-16/8/1968	84	16	110
6-10/9/1968	86	14	43
21-24/10/1966	100		34
14-17/12/1966	100		5

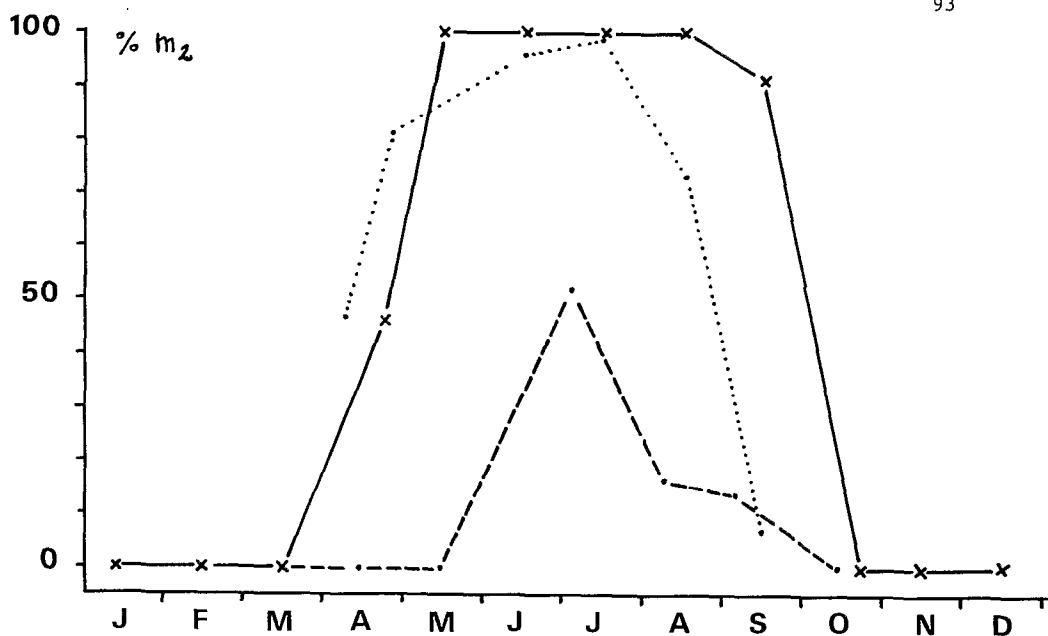


Figure 32 Fréquences relatives (%) des mâles en maturation dans le système fluvial (—), dans l'archipel sud-est (---) et dans la cuvette nord du lac en 1967-1968 (.....) d'après J. Hopson (1972).

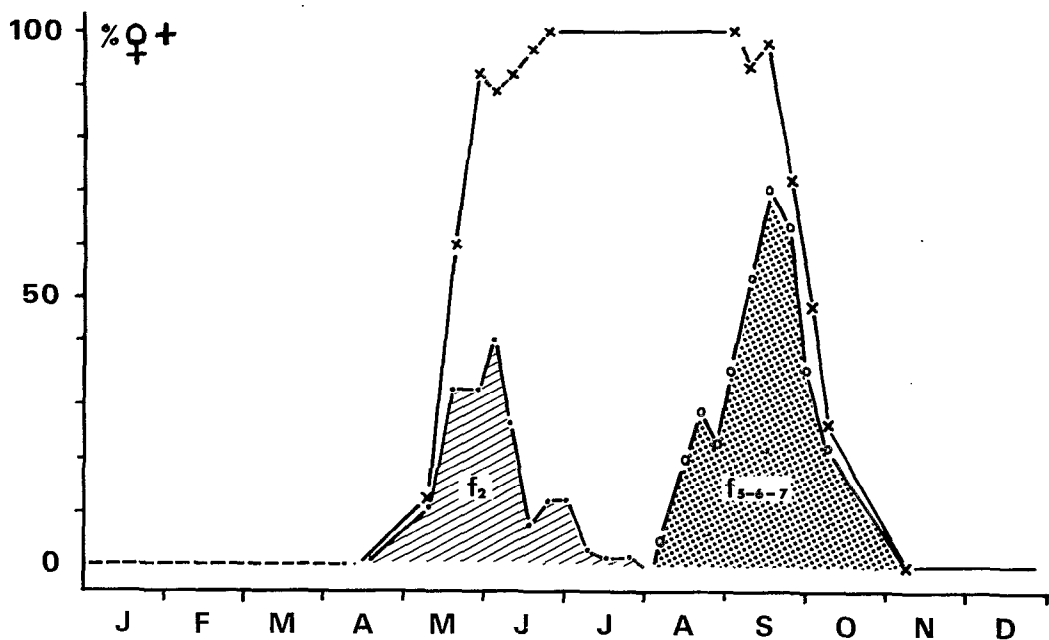


Figure 33 Fréquences relatives (%) des femelles en maturation à N'Djamena en 1969-1970 (x : ♀+; • : f<sub>2</sub>; o : f<sub>5</sub> à f<sub>7</sub>).

## 2.221 Système fluvial

On a séparé le système fluvial au sens strict et la zone deltaïque. Dans celle-ci on dispose d'observations faites de 1966 à 1969, puis en 1971-1972 (tableau XVI). En amont de N'Djamena des observations ont été faites de 1966 à 1968, puis de mai 1969 à avril 1970 à N'Djamena (tableau XVII).

Le cycle saisonnier est remarquablement semblable dans les différentes régions du réseau fluvial et pour la clarté de la figure 33, on n'a représenté que les pourcentages de femelles en maturation à N'Djamena. La maturation des ovocytes commence fin avril-début mai. Dès le mois de juin, le pourcentage des femelles en repos sexuel est très faible; en juillet il est pratiquement nul. A la mi-juillet, il n'y a que des femelles en maturation généralement assez avancée. Les pontes commencent fin juillet-début août; elles se poursuivent en août et septembre pour s'achever dans la première quinzaine d'octobre. A partir de novembre et jusqu'en avril, on n'observe plus à nouveau que des individus en repos sexuel pour lesquels le  $\overline{\text{R.G.S.}}$  est toujours de l'ordre de 0,30%. D'après ce qui précède, le temps de maturation des ovaires est d'environ trois mois, puisque les premières femelles en maturation apparaissent fin avril-début mai et que les premières pontes se produisent fin juillet-début août.

Ce cycle saisonnier peut être légèrement décalé en fonction de l'époque de la crue. C'est ainsi qu'en 1966 la maturation a été précoce et que les pontes ont commencé dès la fin juillet. En 1967, année de faible crue, elles se sont produites à partir de la mi-août seulement. En 1971 et surtout en 1972 il apparaît des différences beaucoup plus importantes qui portent à la fois sur la proportion de femelles en maturation et sur la durée de la saison de ponte. Nous avons représenté sur la figure 34 les pourcentages de femelles en maturation à Djimtilo de 1965 à 1968, en 1971 et en 1972 pour la période juin-septembre. Alors que l'on peut considérer que la presque totalité des pontes se produit normalement en août et septembre, en 1972, la saison des pontes a été plus courte. Ceci doit être mis en relation avec la faiblesse exceptionnelle de la crue 1972, dont le volume total écoulé n'a même pas représenté la moitié de celui d'une année moyenne (fig.8). On peut estimer qu'en année normale la presque totalité des pontes se produit en août et septembre.

Les variations du  $\overline{\text{R.G.S.}}$  sont très comparables à N'Djamena et en amont (fig.35). Le  $\overline{\text{R.G.S.}}$  moyen s'élève régulièrement à partir de 0,3%, jusqu'à environ 9,0% à la mi-août qui est l'époque du maximum; il s'abaisse ensuite rapidement jusqu'à 2,5% à la fin du mois de septembre et reprend son niveau initial en novembre. Le maximum est très marqué, indiquant le déclenchement des principales pontes. L'essentiel de celles-ci a lieu entre



Tableau XVI Stades de maturation sexuelle et R.G.S. (%) chez les femelles observées dans la zone deltaïque (les gonades n'ont pas été pesées en 1971-72).

DATES	Fréquences relatives (%)					N	R.G.S.	
	$f_1$	$f_2$	$f_3-f_4$	$f_5$	$f_6-f_7$		R.G.S.	n
Janvier-avril	100					>500	0,30	>500
23-26/4/1966	86	14				106	0,34	106
22-26/5/1967	40	36	24			101	0,81	63
28/5-2/6/1968	15	32	53			101	1,04	96
3-4/6/1968	4	24	72			92	1,30	92
5-8/7/1966	1	3	96			125	4,78	51
16-19/9/1966	6		88		6	47	7,64	46
Juin 1971	12	20	68			186		
Juin 1972	26	31	43			125		
Juillet 1971	3	7	90			423		
Juillet 1972		17	83			12		
Août 1971	1		87	2	10	529		
Août 1972	1		92	5	2	167		
Septembre 1971	13		67	12	8	128		
Septembre 1972	39		45	10	6	240		
Octobre 1971	98		1		1	213		
Octobre 1972	97		1	1	1	178		
Novembre-décembre	100					>500	0,30	>500

Tableau XVII Stades de maturation sexuelle et R.G.S. moyens (%)  
chez les femelles du système fluvial.

A. En amont du confluent Logone- Chari (1965-1968).

LIEUX ET DATES	Fréquences relatives (%)					N	R.G.S.	
	$f_1$	$f_2$	$f_3-f_4$	$f_5$	$f_6-f_7$		R.G.S.	n
Mailao 30/3-7/4/1967	100					19	0,30	19
Mailao 31/5-6/6/1966	2	34	64			90	1,39	49
Logone-Gana 3/6/1966	3	39	58			36		
Mailao 22-26/6/1967	5	11	84			56	2,66	43
Logone-Gana 18-20/7/1967			100			118	6,35	90
Mailao 27-30/7/1966			95		5	282	7,14	106
Mailao 16-17/8/1967			98		2	133	9,10	54
Logone-Gana 30/8-3/9/1967			41	11	48	176	6,25	146
Logone-Gana 1/9/1968			25	6	69	32		
Mailao 10-19/9/1965							5,20	59
Mailao 27-30/9/1967	6		13	15	66	54	2,52	54
Logone-Gana 2-4/11/1967	100					12	0,30	12
Daga 13-16/12/1967	100					13		
Logone-Gana 28-30/12/1967	100					21		

B. A N'Djamena (1969-1970).

DATES	Fréquences relatives (%)					N	R.G.S.	
	$f_1$	$f_2$	$f_3-f_4$	$f_5$	$f_6-f_7$		R.G.S.	n
12/5/1969	88	12				24	0,38	16
21/5/1969	40	33	27			40	0,67	35
28/5/1969	8	33	59			12	1,46	12
4/6/1969	12	42	46			26	1,50	25
10/6/1969	9	26	65			23	1,90	22
18/6/1969	3	6	91			32	2,71	32
25/6/1969		12	88			26	2,81	26
2/7/1969		12	88			34	4,00	34
9/7/1969		3	97			37	4,52	37
17/7/1969		2	98			44	5,73	44
24/7/1969		2	98			43	6,26	43
2/8/1969			100			44	6,94	44
8/8/1969			95		5	41	7,56	41
14/8/1969			80	3	17	93	8,78	40
22/8/1969			71	5	24	79	8,33	44
28/8/1969			76	2	22	45	7,58	45
4/9/1969			64		36	44	7,08	44
11/9/1969	7		39		54	46	5,61	46
17/9/1969	2		27		71	41	5,34	41
27/9/1969	28		8		64	25	2,58	25
3/10/1969	52		10		38	52	2,05	52
11/10/1969	74		5		21	19	0,90	19
15/10/1969 au 16/4/1970	100					423	0,30	425

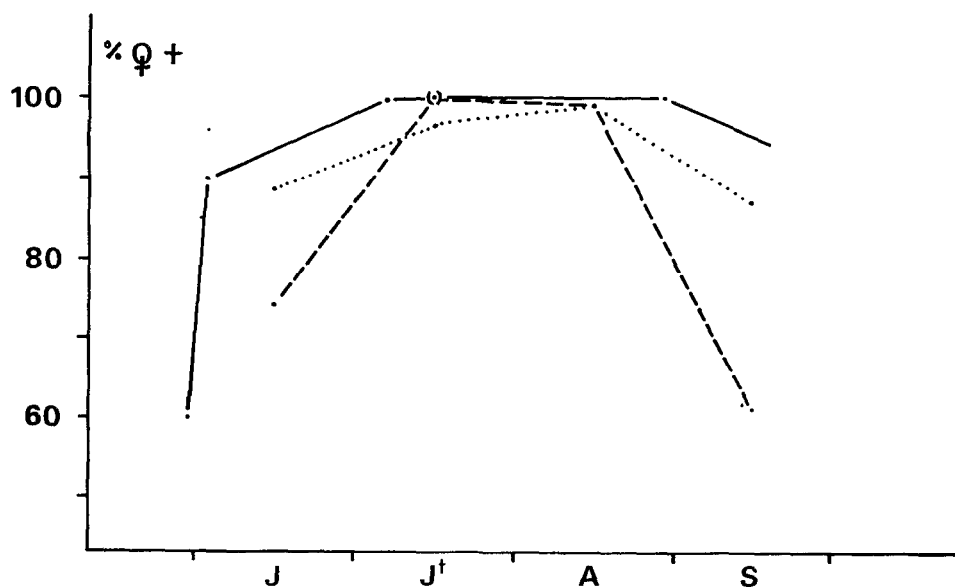


Figure 34 Evolution des proportions de femelles en maturation de 1966-69 (—) à 1971 (.....) et 1972 (— —).

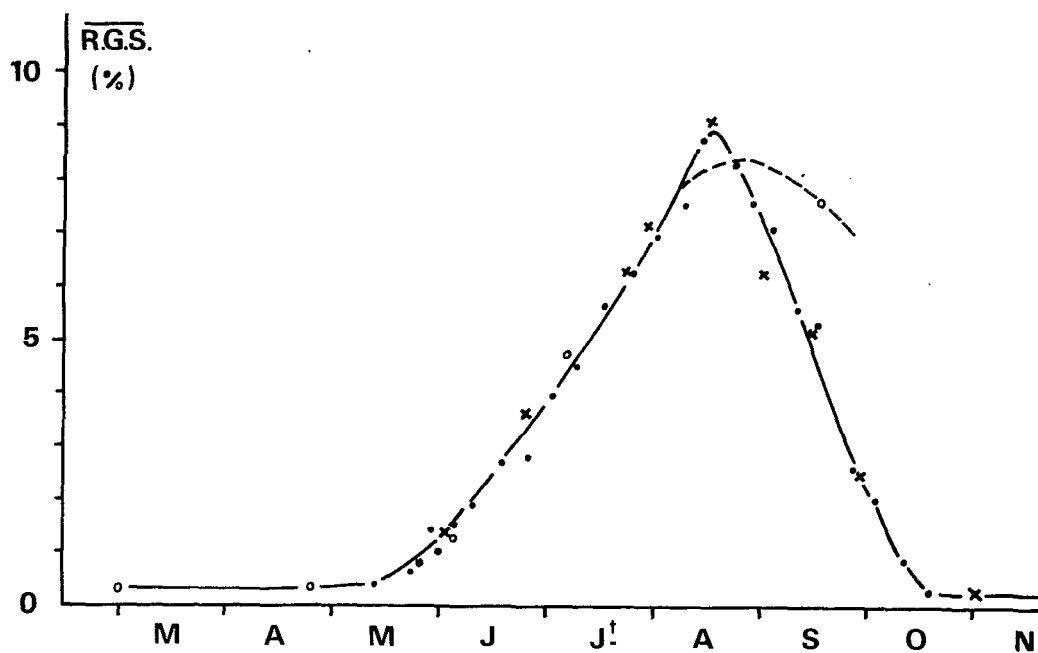


Figure 35 Rapports gonadosomatiques moyens (%) des femelles au delta (o), à N'Djamena (•) et en amont (x).

le 15 août et le 15 septembre, et on peut prendre le premier septembre comme date moyenne de naissance des *Alestes baremoze* du réseau fluvial.

Dans le delta du Chari l'augmentation du R.G.S. de mai à juillet s'effectue comme en amont, mais ensuite, il atteint des valeurs plus élevées à Djintilo qu'à Maïlao et N'Djamena (fig.35) : à la mi-septembre il est de 7,6% au delta contre 5,3% en amont, différence significative au risque 1% ( $t = 3,1$ ). Cette constatation va de pair avec la rareté relative des femelles aux stades 5,6 et 7 dans le delta : alors qu'à la mi-septembre celles-ci représentaient 71% des femelles à N'Djamena (fig.33), il n'y en avait que 6% dans le delta. On peut en conclure que le delta n'est pas une zone de ponte mais une zone de passage et que le R.G.S. élevé de septembre correspond à des femelles en maturation avancée qui sont les dernières à migrer (1). C'est donc en amont que sont situées les zones de ponte. En fait, les frayères sont très disséminées : des femelles prêtes à pondre ont été observées à N'Djamena en 1969, à Maïlao en 1967, à Logone-Gana en 1967 et 1968.

Des pêches à la senne effectuées en 1966 et 1967 à Logone-Gana et Maïlao montrent que sur 743 femelles adultes, 87% ont plus de 240 mm et que le mode est à 265 mm. Il est intéressant de remarquer que des pêches effectuées en 1971 et 1972 au delta donnent des résultats analogues.

## 2.222 Archipel sud-est

Peu d'observations ayant pu être faites sur les *Alestes baremoze* en maturation en 1971-1972 nous nous basons essentiellement sur les résultats antérieurs de 1966 à 1969 (tableau XVIII et fig.36).

La maturation commence en mai, les pontes en août; il n'y a plus que des individus en repos sexuel fin octobre. La maturation et la reproduction ont lieu à la même époque que dans le réseau fluvial. Mais, ainsi que nous l'avons déjà signalé, une proportion importante et variable des adultes ne se reproduit pas. Le R.G.S. (fig.36) a été calculé durant la saison de maturation et de reproduction, uniquement d'après les femelles en activité sexuelle. Le maximum est atteint aussi à la mi-août, mais sa valeur est faible (5,5%). De plus, aucune femelle au stade 5, ni même aucune femelle à R.G.S. très élevé (maximum observé 12%), n'a été rencontrée. Il n'y avait donc pas de zone de fraie dans les lieux d'échantillonnage. Des femelles au stade 6 ont été capturées dans plusieurs localités de l'archipel. De très petits individus (12 à 30 mm) ont été observés un peu partout en octobre. Comme dans le réseau fluvial, les frayères sont probablement dispersées dans

(1) L'absence de ponte dans la zone deltaïque est corroborée par l'évolution du coefficient de condition (chapitre IV) qui ne s'abaisse pas brusquement entre la mi-août et la mi-septembre, contrairement à ce qui se passe en amont.

Tableau XVIII Stades de maturation sexuelle et R.G.S. moyens (%)  
chez les femelles de l'archipel sud-est (1966-1969).

DATES	Fréquences relatives (%)					N	R.G.S.	
	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub> -f <sub>4</sub>	f <sub>5</sub>	f <sub>6</sub> -f <sub>7</sub>		R.G.S.	n
5-9/2/1966	100					278	0,30	
24/2-2/3/1967	100					108	—	
27-29/4/1966	100					129	—	
5-6/5/1968	91	9				32	0,50	9
21-25/6/1968	38	18	44			50	1,81	31
30/6-5/7/1966	81	5	14			186	1,58	36
8-16/8/1968	71		22		7	196	5,52	58
6-10/9/1968	79		8		13	59	3,24	13
21-26/9/1969	91				9	91	2,20	8
21-24/10/1966	100					66	0,30	
14-17/12/1966	100					17	—	

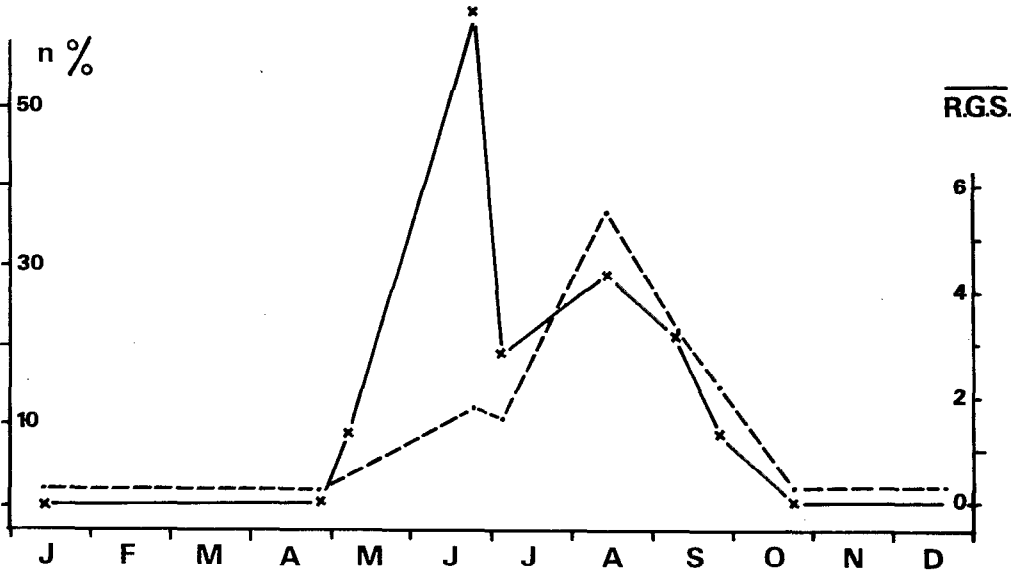


Figure 36 Fréquences relatives (% , — ) et RGS moyens des femelles (---) dans l'archipel sud-est (1966-1969).

une vaste région comprenant peut-être tout l'archipel.

En 1971 à Lafia 78% des 104 femelles observées étaient en maturation en juillet et 72% en août (mais pour 25 examens de gonades seulement). Cette augmentation des proportions de femelles en maturité sexuelle va de pair avec une diminution de la taille moyenne des femelles en activité sexuelle dans l'archipel : 230 mm environ en 1971-1972 contre 251 mm en 1966-1969. La taille moyenne des  $\varphi^+$  est identique à celle des femelles pubères en repos sexuel contrairement aux années précédentes. On trouve là l'indice d'un phénomène général d'abandon progressif de l'archipel sud-est par les poissons de grandes tailles au fur et à mesure de la baisse du lac Tchad.

## 2.23 Comparaison avec la cuvette nord du lac

Des observations régulières ont été faites dans la cuvette nord du lac de janvier 1967 à février 1969 par J. Hopson (1969). Elles concernent la région de Malamfatori, localité située sur la rive occidentale du lac, légèrement au sud de l'embouchure de la rivière Yobé (fig.29).

Les gonades entrent en maturation en avril, à peu près à la même époque que dans le système fluvial. Les proportions de  $\sigma^+$  et  $\varphi^+$  sont ensuite très importantes (80 à 100%) en mai, juin et juillet et (moins nettement) en août. En septembre la majorité des adultes est en repos sexuel. On peut donc dire que la fin de saison des pontes est plus précoce d'un mois environ dans le nord du lac. C'est ce qu'illustre le tableau XIX où sont indiquées les proportions moyennes de  $f_2$  d'une part,  $f_{5-6-7}$  d'autre part.

Tableau XIX Importances relatives, en pourcentage du nombre total de femelles en maturation, des  $f_2$  et  $f_{5-6-7}$ .

A. N'Djamena (1969)

B. Malamfatori (1967-1968)

MOIS	A.		B.	
	$f_2$	$f_{5-6-7}$	$f_2$	$f_{5-6-7}$
Mars	0		0	
Avril	/		30	
Mai	26		56	
Juin	22		18	0
Juillet	5	0	4	78
Août	0	10	0	80
Septembre		61		17
Octobre		15		0
Novembre		0		

J. Hopson (1972) distingue deux populations dans la cuvette nord du lac. Parmi les caractères pouvant permettre de les séparer (*cf.* chapitre V), il y aurait les périodes de ponte qui seraient décalées de un à deux mois. Il est difficile de confirmer cette hypothèse d'après les données globales publiées par cet auteur; l'existence des populations correspondantes est néanmoins probable.

Il est intéressant de noter que dans le cas de la Yobé, cas extrême puisqu'il s'agit d'une rivière intermittente, les premières eaux arrivent en général au lac fin juillet lorsque, suivant les années, une proportion importante de la ponte a déjà eu lieu. Tout se passe donc comme si les *Alestes baremose* se concentraient au débouché des rivières à l'étiage et que le processus de maturation se poursuivait, que la crue fluviale se produise ou non.

### 2.3 FECONDITE

La fécondité ( $\mathcal{F}$ ), mesurée en nombre d'oeufs par unité de poids du corps ( $W$ ) dépend à la fois du nombre de pontes et du nombre d'oeufs fonctionnels pondus à chaque fois (1). Pour les *Alestes baremose* du système fluvial il ne peut y avoir plus d'une ponte par an en raison de la durée de la saison de reproduction et du temps nécessaire à la maturation. C'est a fortiori, vrai dans le système lacustre où la saison de reproduction est plus courte. Il est important de ne compter que les oeufs qui vont arriver à maturation complète et donc opérer alors sur des femelles à maturation très avancée (rapport gonado/somatique  $\geq 10\%$ ). Le diamètre des ovocytes à maturation ralentie ou arrêtée - qui ne doivent pas être recensés - est nettement plus faible. Des fragments d'ovaire d'environ un à deux grammes par femelle ont été prélevés et conservés dans du liquide de Gilson. A partir du poids total des ovaires on en déduit le nombre d'oeufs par femelle (tableau XX). Les points représentatifs des couples  $\mathcal{F}/W$  sont approximativement alignés au-dessus de 130 grammes (fig.37); entre 30 et 120 grammes, la fécondité est relativement plus élevée.

La droite de régression du nombre des oeufs,  $\mathcal{F}$  (en milliers) en fonction du poids  $W$  des femelles (en grammes) a pour équation  $\mathcal{F} = 0,345 W^{-25}$ . Cela correspond pour une femelle moyenne de 260 mm et 220 g à 51.000 oeufs,

(1) Le symbole  $\mathcal{F}$  est utilisé pour la fécondité,  $F$  étant réservé au coefficient instantané de mortalité due à la pêche et  $f$  à l'effort total de pêche.

Tableau XX Nombres d'oeufs présents dans les ovaires de quelques femelles et destinés à être pondus.

Longueur standard (mm)	W (g)	Nombres d'oeufs (milliers)
160	41	2,5
171	60	3
195	84	6
203	100	14
212	116	11
218	133	21
244	177	32
263	198	42
262	221	53
274	236	64
268	238	56
279	256	68
302	292	68
290	313	84
314	394	111

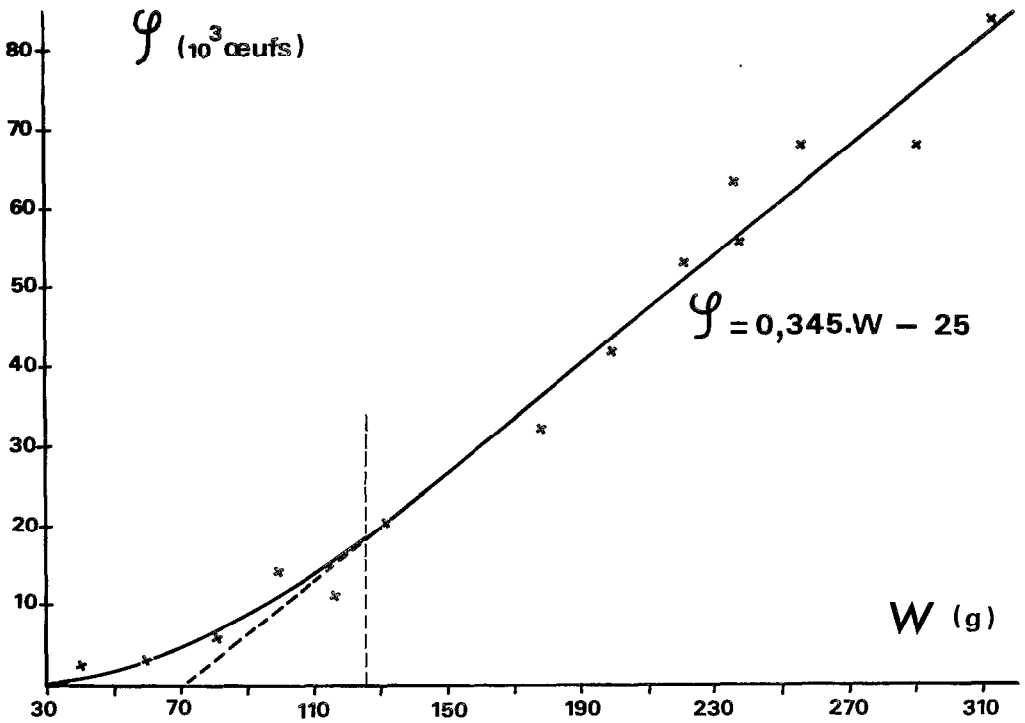


Figure 37 Relation entre la fécondité  $F$  (en milliers d'oeufs) et le poids du corps ( $W$ ) : la droite de régression est utilisable pour  $W \geq 130$  grammes.



soit 231.000 par kilogramme de poids du corps d'une femelle. La fécondité des *Alestes baremoze* est donc élevée.

La relation ci-dessus, associée aux pourcentages de femelles matures à chaque âge, permettra d'aborder la fécondité du stock d'*Alestes baremoze* (chapitre IX).

### 3 - FRAIE ET DEVELOPPEMENT LARVAIRE

#### 3.1 MODALITES DE LA FRAIE

On peut apporter certaines précisions sur la ponte proprement dite dans le système fluvial, soit à N'Djamena et en amont :

- aucune des femelles au stade 5 n'a été pêchée dans les zones inondées du lit majeur : elles ont été capturées au filet dérivant dans le lit mineur, en plein courant;
- les pontes se produisent essentiellement en fin d'après-midi au crépuscule et peu après, ainsi que l'indiquent des pêches expérimentales au cours desquelles toutes les femelles fluentes ont été capturées entre 16h 30 et 20h;
- le stock d'oeufs mûrs est pondu en une seule fois, car on n'observe pas, en dehors des heures de ponte, de femelles à ovaires partiellement vides. Ce stock représente environ 15% du poids de la femelle;
- enfin, le détail de pêches au filet dérivant dans différentes stations au moment des pontes montre que les femelles mûres sont dispersées dans le fleuve au milieu des autres femelles et des mâles. Les géniteurs ne se rassemblent pas en groupes importants au moment de la ponte.

### 3.2 DEVELOPPEMENT LARVAIRE

Malgré des investigations poussées dans le lit mineur en pleines périodes et zones de ponte, il a toujours été impossible de trouver les stades de développement correspondant à des *Alestes baremoze* de moins de 12 à 15 mm de longueur. Il a donc fallu procéder à l'élevage après fécondation artificielle. Une description détaillée des divers stades embryonnaires et larvaires a déjà été publiée (Durand et Loubens, 1971b). Il n'en sera donné ici que les traits principaux.

#### 3.21 Elevage

Des adultes mûrs ont été capturés à la mi-août 1969 dans le Chari aux environs de N'Djamena. La fécondation artificielle à sec a été effectuée sur les lieux de pêche et nous avons utilisé la laitance de plusieurs mâles pour fertiliser les oeufs d'une seule femelle, car la laitance d'un mâle mûr ne peut se distinguer macroscopiquement de celle d'un mâle encore en maturation. Les oeufs fécondés ont été transportés au laboratoire et placés dans des aquariums sur des morceaux de tulle afin de faciliter les manipulations (enlèvement des embryons morts, répartition des embryons viables dans plusieurs aquariums). Dans les aquariums non aérés, la mort est survenue très rapidement. Dans les bacs aérés, un développement généralement bon a été obtenu pour les premiers stades tant que la larve a utilisé ses réserves vitellines.

Lorsque le tube digestif des larves est devenu fonctionnel, on a ajouté à l'eau des aquariums du plancton d'une mare voisine. Le passage des larves à une alimentation externe s'est généralement accompagné d'une forte mortalité et d'un arrêt de croissance chez les survivants. Cet arrêt s'est prolongé longtemps dans la majorité des cas. Les larves sont devenues cachectiques et sont mortes, sauf quelques unes dans chaque lot dont la croissance a fini par reprendre deux à trois semaines plus tard. Cependant dans un lot de larves placées apparemment dans les mêmes conditions que les autres, la croissance a repris au bout de quatre jours chez la plupart des individus et s'est poursuivie sans nouvelle difficulté.

### 3.22 Développement larvaire

Les oeufs mûrs qui sortent de la femelle mesurent de 1,0 à 1,3 mm. Ils n'ont pas de globule huileux et le chorion est accolé au protoplasme. Ils se gonflent en quelques minutes au contact de l'eau pour atteindre 3,2 à 4,1 mm (moyenne : 3,6 mm) qu'ils soient fécondés ou non. L'espace périvitellin qui se forme ainsi est considérable puisque le diamètre de l'oeuf triple sans que le protoplasme change de volume. Néanmoins, les oeufs restent nettement plus lourds que l'eau et, d'autre part, ils n'adhèrent pas au support sur lequel on les place : il s'agit d'oeufs libres démersaux. L'éclosion se produit au bout de 15 à 22 heures. En prenant la fécondation comme origine des temps on peut estimer que le développement embryonnaire dure en moyenne 17 à 18 heures.

Peu après l'éclosion la larve est à peu près rectiligne et atteint 3,5 mm de longueur totale. La vésicule vitelline, primitivement globuleuse, s'allonge puis va se réduire progressivement pour disparaître chez la larve de deux semaines. Durant les deuxième et troisième jours, les larves, très actives, présentent des mouvements particuliers : elles s'élèvent rapidement de quelques centimètres par des ondulations rapides du corps puis retombent, entraînées par le poids de la vésicule vitelline. Dès le quatrième jour, la nage horizontale est possible, car le vitellus est alors très réduit et la vessie natatoire apparaît.

La larve de quatre jours (fig.38) atteint en moyenne 5,6 mm de longueur totale. Elle est déjà bien formée et possède les organes nécessaires à une vie de prédation dans le milieu environnant. Le transit intestinal n'a été observé que quand la larve commence à s'alimenter dès le cinquième jour. Du cinquième au douzième jour, les transformations sont beaucoup moins rapides et importantes. L'aspect général de la larve reste le même.

A partir du douzième jour, le développement reprend à un rythme plus rapide. Nous ne tiendrons compte, comme nous l'avons indiqué plus haut, que de la série dont la croissance a été la meilleure. Même dans cette série, il y a eu des différences importantes entre les individus dans la vitesse du développement.

En dehors des pectorales qui apparaissent dès le troisième jour mais dont les rayons ne se forment que vers un mois, les nageoires apparaissent et se développent dans l'ordre suivant : caudale, dorsale et anale à peu près simultanément, du douzième au vingt-troisième jour; puis ventrales et adipeuse, en même temps, également du vingtième au trentième jour. Les rayons de l'anale apparaissent et se forment du quinzième au vingt-sixième jour. Il est alors possible de compter les rayons chez ces alevins qui atteignent environ 15 mm

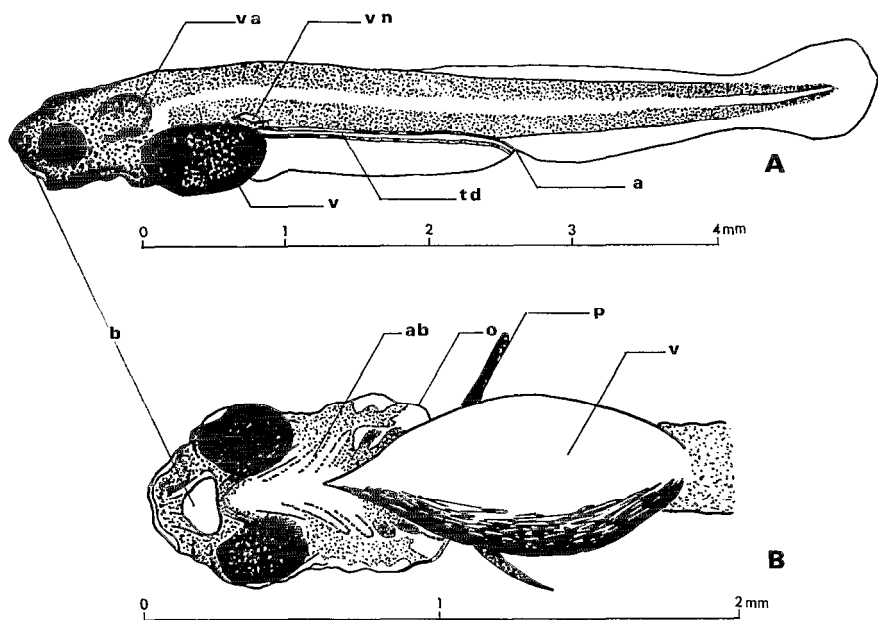


Figure 38 Larve de quatre jours A : profil ; B : vue de dessous.  
(b = bouche infère; ab = arcs branchiaux; va = vésicules  
auditives; o = opercule; v = vitellus; p = pectorales;  
vn = vessie natatoire; td = tube digestif; a = anus).

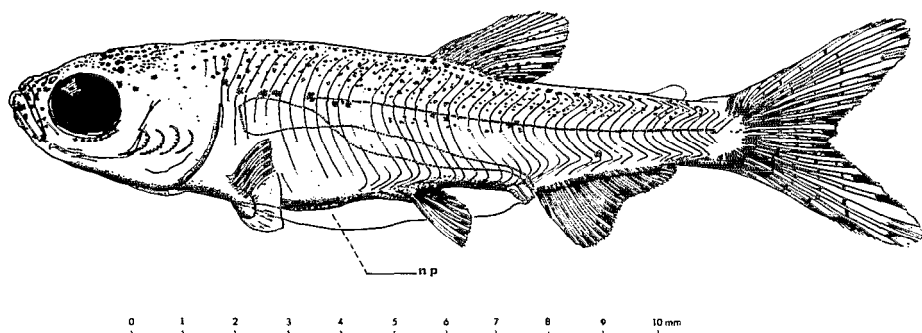


Figure 39 Jeune *Alestes baremoze* de trente jours de 14 mm de longueur  
standard (np = reste de la nageoire primordiale).

de longueur totale, soit 12 mm de longueur standard.

Le développement de la partie terminale de la colonne vertébrale s'étend du douzième au vingt-quatrième jour. Le squelette de la queue (urostyle, hypuraux, rayons de la caudale) est à peu près constitué dès le vingtième jour, ce qui permet de mesurer la longueur standard.

Le jeune *Alestes baremoze* âgé d'un mois (fig.39) atteint 17,5 mm de longueur totale soit 14 mm de longueur standard. Il est déjà très semblable à l'adulte. Deux caractères larvaires persistent encore; il s'agit d'un résidu de la nageoire primordiale encore apparent sous le ventre jusqu'à l'anus et de la nageoire pectorale dont une partie des rayons n'est pas encore formée.

### 3.23 Croissance embryonnaire et larvaire

La croissance en longueur des embryons et des larves d'*Alestes baremoze* a été établie en mesurant la longueur totale des individus formolés à intervalles rapprochés au cours de l'élevage. Le formol provoque une rétraction assez variable, de l'ordre de 5% mais pouvant atteindre jusqu'à 10%. Deux séries de mesures ont été faites, l'une sur le lot d'*Alestes baremoze* dont la croissance a repris normalement après un léger temps d'arrêt au moment du début de l'alimentation (lot 1), l'autre sur un des autres lots dont les individus ont subi au même moment un arrêt de croissance très prolongé avec un faible taux de survie (lot 2) (tableau XXI et fig.40).

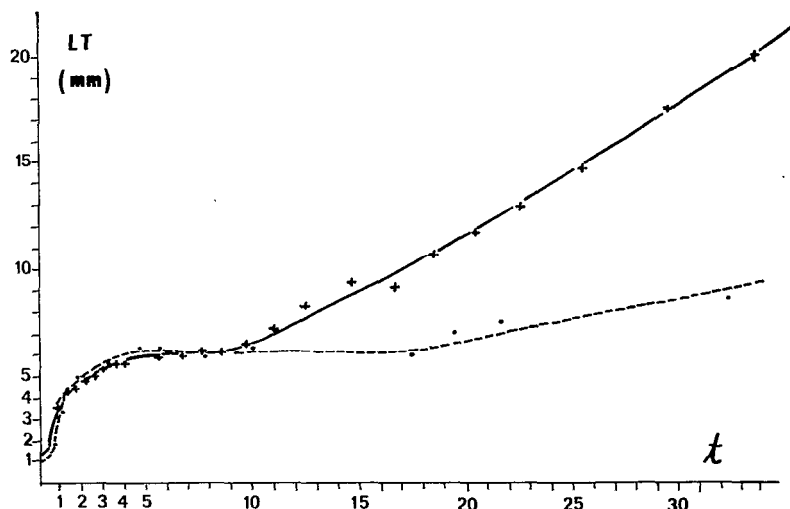


Figure 40 Courbes de croissance des jeunes *Alestes baremoze* entre zéro et trente-trois jours (lot 1 : — ; lot 2 : - - - ; cf. texte).

Tableau XXI Longueur totale ( $\overline{L.T.}$ ) et longueur standard ( $\overline{L}$ )  
moyenne des *Alestes baremose* des lots 1 et 2 en  
fonction de l'âge (longueurs en mm).

LOT 1				LOT 2		
AGE	$\overline{L.T.}$	$\overline{L}$	N	AGE	$\overline{L.T.}$	N
0 h	1,2		59	2 h	1,0	10
13 h	1,8		17	8 h	1,1	6
21 h	3,5		17	16 h	1,9	9
1 j 4 h	3,9		19	22 h	3,5	15
1 j 16 h	4,5		25	1 j 6 h	4,9	14
2 j 5 h	4,8		16	1 j 14 h	4,4	13
2 j 14 h	5,1		11	2 j 1 h	4,8	16
3 j 1 h	5,3		16	2 j 13 h	5,3	14
3 j 15 h	5,6		20	2 j 23 h	5,5	17
3 j 23 h	5,6		16	4 j 2 h	6,1	15
5 j 2 h	6,0		4	4 j 17 h	6,2	17
5 j 15 h	5,9		4	5 j 17 h	6,2	18
6 j 17 h	6,1		8	6 j	6,2	19
7 j 14 h	6,2		7	6 j 12 h	6,1	9
8 j 13 h	6,1		6	7 j 14 h	6,0	14
9 j 17 h	6,5		5	10 j	6,2	14
11 j	7,2		3	17 j 13 h	6,0	4
12 j 13 h	8,3		2	19 j 13 h	7,0	5
14 j 16 h	9,4		2	21 j 15 h	7,5	17
16 j 16 h	9,1		3	32 j 10 h	8,6	8
18 j 13 h	10,7		3	47 j		30
20 j 13 h	11,7	10,0	4			
22 j 15 h	12,9	10,8	3			
25 j 12 h	14,7	11,9	4			
29 j 13 h	17,5	14,0	4			
33 j 16 h	20,1	15,9	2			
57 j		31,0	3			
91 j		45,0	2			
210 j		58,0	2			

La courbe de croissance est la même pour les deux lots pendant les huit premiers jours. Durant quelques heures après la fécondation (segmentation, gastrulation) l'embryon garde la même taille. Il se produit ensuite un très fort allongement dû au déroulement de l'embryon primitivement accolé au vitellus. Ce déroulement est achevé à la fin du premier jour.

Durant les deuxième, troisième et quatrième jours, la croissance est très rapide, la larve utilise les réserves de sa vésicule vitelline. Puis survient un très fort ralentissement de la croissance (lot 1), ou même un arrêt complet avec forte mortalité (lot 2). Cela correspond à la période où le vitellus est déjà très réduit et où les larves commencent à s'alimenter.

La période du début de l'alimentation a été difficile pour les larves : d'une part, l'apport de nourriture a été probablement insuffisant, d'autre part la nourriture distribuée aux larves a été très différente de celle que les larves recherchent préférentiellement dans la nature. Il est probable que l'arrêt de croissance est beaucoup moins accusé dans les conditions naturelles.

Dans le lot 1, la croissance a repris le dixième jour et s'est ensuite poursuivie régulièrement pour aboutir à de jeunes alevins de 14 mm de longueur standard moyenne (17,5 mm de longueur totale) à un mois. Dans le lot 2, l'arrêt de croissance et les décès se sont poursuivis; la croissance des survivants a fini par reprendre vers le vingtième jour.

Nous avons donc obtenu une estimation par défaut de la croissance des *Alestes baremose* pendant les premières semaines de leur existence (1). Il est possible d'évaluer à trois semaines l'âge des très jeunes individus de 12 à 15 mm de longueur standard qui apparaissent en septembre - octobre près des rives des fleuves et du lac. Quant au sort des oeufs pondus dans le lit mineur, il peut être déduit des observations faites dans la nature et en aquarium. Les oeufs coulent au fond du fleuve, et, pendant les quatre premiers jours, les embryons et les larves restent là où les courants les entraînent; en effet, les mouvements de la larve sont alors uniquement verticaux; sans doute ont-ils simplement pour conséquence une plus grande dispersion des larves en les replaçant parfois dans le courant lorsqu'elles sont tombées dans une zone d'abri. A partir du cinquième jour, les larves nagent bien. Elles se rapprochent alors peu à peu des rives qu'elles atteignent quinze jours plus tard en restant probablement au voisinage du fond.

---

(1) Signalons que pendant les deux premiers mois d'élevage la température moyenne a été estimée à 27,3°C, sans écarts journaliers importants, soit un peu inférieure à la température fluviale à la même époque, (28 à 30°C) (fig.6).

#### 4 - DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Sexualité et reproduction sont donc relativement bien connues pour le lac Tchad et les biefs inférieurs des fleuves. Il faut maintenant se demander dans quelle mesure les résultats trouvés concordent avec ceux de recherches analogues effectuées dans la zone soudano-sahélienne.

##### 4.1 TAILLES DE MATURITE SEXUELLE

Dans le Bandama (Côte d'Ivoire), Paugy (1977) trouve que la taille de maturité sexuelle est atteinte à 165 mm pour les mâles et 175 mm pour les femelles et que tous les individus se reproduisent à partir de 220 mm. Ces résultats sont très proches de ceux du Tchad, en tenant compte du fait que la croissance est moins rapide en Côte d'Ivoire.

Au Mali, "la maturité sexuelle n'est atteinte qu'au bout de la deuxième année" (Daget, 1952). Pour le lac Rodolphe, J. Hopson (1975) indique que les *Alestes baremoze* pondent à la fin de la troisième année.

Si l'on ne tient pas trop compte ici des résultats de Côte d'Ivoire, obtenus lors d'une étude préliminaire, tout se passe comme si l'âge de maturité sexuelle dépendait fortement du milieu : maturité atteinte à deux ans en milieu fluvial (Moyen Niger) et à trois ans en milieu lacustre (lac Rodolphe). Nos observations anciennes le confirment : dans le contexte d'un milieu lacustre bien développé (1966-69), la première reproduction se produit plutôt à trois ans; avec la baisse du lac, le milieu lacustre devient une simple annexe des eaux fluviales et la maturité sexuelle se situe à deux ans.



#### 4.2 FACTEURS DE LA REPRODUCTION

Trois facteurs semblent jouer un rôle dans la chronologie de la reproduction des *Alestes baremoze* au Tchad : la température de l'eau, l'époque de la crue et les pluies. C'est à la fin avril que la température s'approche des valeurs élevées du cycle annuel (29 à 30°C, fig.6), cette période coïncide avec le début de maturation des gonades dans toute la zone étudiée.

Les pontes dans les fleuves, quant à elles, dépendent de la crue à la fois pour la date (le décalage des crues entraînant le décalage des pontes, par exemple de 1966 et 1967) et pour la durée (très faible crue de 1972 qui entraîne une saison de ponte nettement raccourcie). On peut enfin remarquer que l'hypothèse de Daget (1952) selon laquelle les pontes pouvaient être déclenchées lors de fortes tornades entraînant une diminution de la température de surface, semble étayée par les observations de Holden (1963) au lac Albert où les périodes de ponte des *Alestes baremoze* coïncident avec les précipitations maximales. Dans la cuvette nord du lac Tchad les premières grosses pluies tombent en juillet pendant le début de la saison de ponte.

En Côte d'Ivoire et au Mali, les résultats sont rigoureusement les mêmes qu'au Tchad : maturation des gonades débutant avec les fortes températures et pontes se situant pendant la crue. Il est intéressant de comparer ce schéma assez général avec ce que trouve J. Hopson au lac Rodolphe : là, la température est sensiblement constante tout au long de l'année et la saison de ponte coïncide aussi avec la crue de la rivière Omo (1). Si l'on ajoute qu'au lac Rodolphe l'essentiel des pontes se produit dans la rivière, on peut en conclure que les *Alestes baremoze* ont un comportement axé sur les crues fluviales, et ce, qu'il y ait ou non présence de collection d'eaux permanentes.

#### 4.3 FECONDITE

Les résultats dans le bassin tchadien - 51.000 oeufs pour une femelle moyenne de 220 g - sont du même ordre que ceux de Paugy (1977) pour le Bandama : 250.000 oeufs par kilogramme. Ces résultats sont nettement

---

(1) Dans le cas du système Rodolphe/Omo, il s'ajoute un facteur à l'effet mécanique de la crue proprement dite : il y a irruption d'eaux douces à très faibles conductivités dans un milieu lacustre relativement minéralisé.

inférieurs à ceux obtenus par Nawar et Yoakim (1963) pour les *Alestes baremoze* du Nil dans la région du Caire. D'après ces auteurs, le nombre d'oeufs par femelle varie de 52.000 à 278.000 avec une moyenne égale à 139.000. Les oeufs qui ont été comptés par eux sont petits (0,725 à 0,925 mm). Il peut s'agir de femelles à un stade de maturation moins avancé que les nôtres, et les dénombrements effectués comprendraient tous les ovocytes qu'ils doivent ou non arriver à maturité. Ceci semble confirmé par les résultats de Mok (1975) qui, utilisant la même méthode que nous pour les *Schilbe uranoscopus* du bassin tchadien, trouve 207.000 oeufs par kilogramme alors que Nawar et Yoakim (1964) trouvent 255.000.

En conclusion, l'évolution du milieu lacustre joue un rôle important dans la reproduction des *Alestes baremoze* du Tchad :

- en période de grand ou moyen lac Tchad, la première ponte des *Alestes* a lieu essentiellement à trois ans et, alors que la quasi-totalité des femelles du système fluvial se reproduisent, ce n'est pas le cas dans les zones d'archipel où 30 à 50% des femelles pubères restent en repos sexuel. Par ailleurs, on note un décalage entre les pontes du nord du lac et les fleuves plus au sud : un mois plus tôt au nord;
- en période de transition vers le petit lac Tchad (1971-72), les tailles de maturité sexuelle deviennent identiques à celles du système fluvial et, parallèlement, les proportions de femelles en maturité sexuelle dans l'archipel augmentent.

#### *Chapitre IV*

### *ALIMENTATION ET CONDITION*

Nous regroupons ici les aspects de la biologie des *Alestes baremoze* ayant trait à l'acquisition et au stockage de l'énergie dans les tissus, soit les régimes alimentaires et l'efficacité des transferts d'une part, le cycle de condition d'autre part.

#### **I - ALIMENTATION**

Le comportement alimentaire des *Alestes baremoze* est particulièrement bien connu depuis les travaux de Lauzanne. La description qui est faite ici s'appuie pour l'essentiel sur ses publications auxquelles il faut ajouter nos propres observations (Durand et Loubens, 1967 et 1970a).

### 1.1 LES SOURCES DE NOURRITURE

Les *Alestes baremoze* ont un cycle migratoire complexe qui est analysé au chapitre V. Les différentes étapes de la vie des *Alestes* (première croissance, période de prématuration, phases lacustres et fluviales des adultes) correspondent à des milieux variés et les contenus stomacaux reflètent cette diversité.

Dans le lac Tchad, les adultes sont zooplanctophages stricts. Le régime des jeunes est lui aussi à base de zooplancton, petits Cladocères pour l'essentiel (*Ceriodaphnia* et *Bosmina*) alors que les adultes consomment indifféremment Copépodes et Cladocères dès que ces proies atteignent une taille suffisante pour être retenus par le filtre branchiospinal. La collecte de la nourriture est effectuée passivement puisqu'à partir d'une taille de 0,90 mm on retrouve dans les estomacs les différentes espèces dans les mêmes proportions qu'en milieu naturel (Lauzanne, 1970). Le zooplancton semble constituer la nourriture lacustre exclusive des *Alestes baremoze* de tous âges, ce qui a été aussi constaté au lac Albert (Worthington, 1929; Verbeke, 1959), et au lac Rodolphe (J. Hopson, 1975).

Dans le lit mineur du fleuve les *Alestes baremoze* adultes ne trouvent pratiquement aucune nourriture et les estomacs sont toujours vides, à quelques Chironomides et Cladocères près.

Dans le lit majeur, par contre, les *Alestes baremoze* adultes "trouvent après la ponte une nourriture abondante sous forme de végétaux (feuilles, graines et jeunes épis). Cette alternance de disette et d'abondance a également été remarquée par Daget (1952) dans le delta central du Niger..." (in Lauzanne, 1973).

Enfin, les zones inondées offrent aux jeunes qui viennent de naître abri et nourriture abondante. Celle-ci est constituée de zooperiphyton, les crustacés représentent l'essentiel du régime avec, en second lieu, une proportion non négligeable d'insectes et d'invertébrés divers.

Pour conclure, malgré l'existence d'un filtre branchiospinal, composé de 35 à 42 branchiospines longues et fines, qui pourrait faire penser à une certaine spécialisation alimentaire, il faut noter l'adaptation des régimes à chaque contexte nouveau. Bien que l'on puisse penser que les *Alestes baremoze* sont plus volontiers microphages et plus particulièrement zooplanctophages, ils sont tout à fait à l'aise dans des milieux où les sources de nourriture sont très différentes. Cette conclusion a une valeur très générale et remet en cause la notion de régime alimentaire *sensu stricto* (Lauzanne, 1977).

## 1.2 EFFICACITE DES TRANSFERTS

La variété des sources de nourriture utilisées suivant les milieux ne doit pas cacher que, dans le cas de la zone étudiée c'est le zooplancton lacustre qui contribue pour l'essentiel à la production. Si en effet on prend l'exemple d'un poisson de cinq ans qui s'est déjà reproduit deux fois, on peut dire qu'il aura vécu quatre mois aux dépens du zoopériphyton de zone inondée, six mois à jeun durant ses deux remontées de reproduction et quatre à six mois phytophage dans le lit majeur. Il aura donc consommé du zooplancton le restant de sa vie, soit dans l'exemple choisi ici, quarante-cinq mois sur soixante.

C'est donc la consommation de zooplancton qu'il est intéressant d'analyser d'un point de vue quantitatif (Lauzanne, 1969 et 1977) (1). A partir du rythme journalier de nutrition (étudié par l'intermédiaire de l'évolution du coefficient de réplétion) et de la vitesse de transit stomacal, la ration journalière a pu être déterminée. La quantité de nourriture absorbée par jour varie entre 1,18 et 2,77% du poids du corps. Cette amplitude considérable correspond à des variations saisonnières : les *Alestes baremose* consomment d'autant plus de nourriture que la température est plus basse. Ce comportement n'est probablement pas relié à un éventuel préférendum thermique, mais plutôt au rythme biologique de poissons migrateurs dont le repos sexuel prend place en saison froide (Lauzanne, 1977).

A partir de ces résultats et de la croissance pondérale des *Alestes*, Lauzanne a déterminé les rations journalières entre 13 et 36 mois et la quantité de nourriture correspondante. Pour un accroissement pondéral de 96 g, la quantité de zooplancton ingérée en deux ans est de 1.093 g. Autrement dit, la croissance correspond à 8,8% du poids de zooplancton absorbé ou, inversement, 11,4 g de zooplancton sont nécessaires à l'élaboration de 1 gramme de poisson. D'après Lauzanne, le taux de conversion est élevé (44,8%) et ce rendement élevé se compare avantageusement à celui de prédateurs ichtyophages.

---

(1) Le régime zooplanctophage est l'un des mieux représentés dans le lac : *Brachysynodontis batensoda*, *Hemisynodontis membranaceus*, de nombreux Characidae, les écophases jeunes de certains prédateurs comme *Lates niloticus* (A.J. Hopson, 1972) ou *Hydrocynus forskalii* (Lauzanne, 1975).

## 2 - CYCLES DE CONDITION

L'analyse des couples longueur-poids peut se faire, pour l'essentiel, en deux directions distinctes :

- trouver la meilleure relation mathématique permettant de connaître l'un des paramètres (W) à partir de l'autre (L). C'est ce qui est fait au chapitre VII;
- décrire les variations d'embonpoint par l'intermédiaire d'un coefficient approprié. C'est notre but ici.

En dehors des relations générales reliant le poids et la longueur, du type  $W = a L^b$  (1), il est intéressant de caractériser les fluctuations d'embonpoint des poissons au moyen d'un coefficient approprié. On utilise classiquement le coefficient  $K = 10^5 \frac{W}{L^3}$  (2) (W en grammes et L en millimètres, (Le Cren, 1951)). La comparaison des équations (1) et (2) montre que K est l'homologue de a quand  $b = 3$ . Si b est différent de 3, on peut écrire  $K = aL^{b-3}$ : pour un b donné K est donc une fonction de L (Laurent et Moreau, 1973).

Ce qui nous intéresse ici, c'est de voir dans quelle mesure les estimations de K restent utilisables. Si l'on considère une valeur de b différente de 3, l'écart entre K et  $\frac{W}{L^b}$  sera d'autant plus important que L sera élevé. En pratique, il suffit de remarquer que l'erreur introduite est systématique dans la mesure où l'on compare des tailles homologues et où les histogrammes de taille des échantillons analysés ont des compositions comparables. On peut donc admettre que les variations spatio-temporelles restent les mêmes à une fraction près quand on donne à b des valeurs différentes.

Les conditions pratiques d'échantillonnage et la nécessité de découper la gamme de tailles en fonction des diverses relations longueur-poids trouvées (chapitre VII) conduisent à la distinction de trois groupes : immatures de première année (jusqu'à 120 mm), prématures mâles et femelles (120-200 mm) (1), adultes mâles et femelles.

Pour le calcul des valeurs individuelles de K, le poids a été déterminé au gramme près et la longueur standard au millimètre près. Des

(1) On appelle classiquement prématures les poissons qui sont dans l'année qui précède leur première ponte. Ici, la définition s'étend, suivant les états du lac Tchad aux poissons ayant de 13 à 36 ou de 13 à 24 mois (cf chapitre III). L'appellation d'immatures correspond, elle, toujours à des *Alestes* de 0 à 12 mois.

séries de mesures de contrôle ont permis de vérifier que les lectures des observateurs ne présentaient pas de différences significatives. Les mesures et pesées ont été effectuées sur des poissons frais.

On peut se demander si des biais ne peuvent pas être introduits par nos moyens d'échantillonnage. En effet, un filet maillant fournit en principe des échantillons incorrects aux bornes de son intervalle de capture puisqu'il prend à la limite inférieure seulement les poissons les plus gros, et, à la limite supérieure, seulement les plus maigres. Nous avons presque toujours utilisé soit un FM 30, soit une série de filets dont les courbes de capture se recoupent. Dans ce dernier cas, il est probable que les biais imputables aux différents filets se compensent les uns les autres. Dans le cas du FM 30 employé seul, on constate que ce filet a un très large intervalle de capture (210 - 280 mm); les biais aux deux limites nous ont paru négligeables dans la mesure où les petits nombres de poissons sur lesquels ils portent font partie d'échantillons importants.

## 2.1 IMMATURES

Dans le tableau XXII figurent les coefficients moyens de condition pour les principaux échantillons de jeunes de première année. Ces poissons mesurent 70 à 120 mm. Les sexes n'ont pas été séparés.

Tableau XXII Coefficients moyens de condition  $\bar{K}$  des jeunes *Aleptes baremore* de première année.

Lieux	Dates	N	$\bar{K}$
Daga	17/11/1967	156	1,309
	30/11-2/12/1967	66	1,333
	13/-16/12/1967	2.350	1,334
	8-9/1/1968	524	1,349
Daga	7-11/11/1968	75	1,494
	12-22/11/1968	159	1,446
	24-25/11/1968	640	1,346
	10-14/12/1968	139	1,435
	29/12-11/1/1969	32	1,287
	31/1-13/2/1969	124	1,145
Mailao	22/1/1966	119	1,431
	30/3-6/4/1966	309	1,276
	24-26/6/1967	602	1,104

Les passages de jeunes dans l'El Beïd ont été particulièrement suivis. Il n'y a aucune tendance à la diminution de  $\bar{K}$  tant que les eaux sont hautes, soit jusqu'à la mi-janvier pour la crue 1967-68 et la mi-décembre pour la crue 1968-69. Lors de la baisse des eaux par contre, les *Alestes baremoze* capturés semblent nettement plus maigres, comme le montrent les échantillonnages de fin décembre 1968 et janvier 1969.

Chez les individus des mares et bras intermittents du Chari à Maïlao, on observe une chute de la condition très nette de janvier à juin. Ces milieux sont peu propices aux jeunes *Alestes baremoze* car la surpopulation et le manque de nourriture s'accroissent au fur et à mesure que les eaux baissent.

## 2.2 PREMATURES

Les *Alestes baremoze* de cette taille sont rares dans le système fluvial et les échantillons ont été obtenus pour l'essentiel dans l'archipel sud-est à Bol et Lafia (tableau XXIII). Il ne semble pas y avoir de différence entre sexes puisque dans la plupart des cas  $t$  n'est pas significatif; cependant les quatre échantillons les plus récents (février, mars, avril 1972 et février 1973) semblent indiquer une meilleure condition des mâles.

Les valeurs de  $\bar{K}$  s'écartent relativement peu les unes des autres, si l'on ne tient pas compte des variations interannuelles : en 1967-69 les valeurs extrêmes de  $\bar{K}$  sont de 1,280 et 1,179 pour les femelles et de 1,239 et 1,168 pour les mâles; en 1971, de 1,241 et 1,130 pour les femelles, et de 1,239 et 1,104 pour les mâles (tableau XXIII). Malgré cette faible amplitude, il existe des variations saisonnières qui sont analogues pour les deux sexes :  $\bar{K}$  s'élève pendant le premier trimestre pour culminer, suivant les années, de mars à juillet; il redescend ensuite et est minimal durant le dernier trimestre.

Il y a une évolution interannuelle nette. D'une part le cycle saisonnier semble se décaler en 1971, les valeurs maximales et minimales étant trouvées nettement plus tard qu'en 1967-69. D'autre part, la condition accuse une baisse sensible dans les échantillons les plus récents et les écarts pour un même mois d'une année à l'autre sont tous significatifs. Cette évolution semblait d'ailleurs s'accélérer en février 1973 : pour les mâles, la valeur de  $t$  est de 11,3 entre février-mars 1967 et février 1972 et de 7,2 entre février 1972 et février 1973; on trouve des valeurs analogues chez les femelles.



Tableau XXIII Valeurs du coefficient  $\bar{K}$  pour les prématures  
( $130 \leq L \leq 200$ ).

LIEUX	DATES	SEXE	$\bar{K}$	N	$\sigma^2 10^4$	$t_{m-f}$
Maïlao	3-8/4/1967	m f	1,228 1,207	59 15	72,26 36,37	1,1
	21-26/6/1967	m f	1,201 1,180	34 20	29,45 42,50	1,7
Boi	22-24/1/1969	m f	1,200 1,203	12 64	83,33 137,15	0,0
	25/2-2/3/1967	m f	1,297 1,280	106 150	40,96 57,67	1,8
	3-8/5/1968	m f	1,228 1,256	55 44	62,51 107,29	1,5
	8-16/8/1968	m f	1,168 1,182	139 116	32,03 35,52	1,9
	5-9/9/1968	m f	1,235 1,221	34 40	34,60 26,11	1,1
	20-23/11/1968	f	1,179	35	107,55	
	4/1971	m f	1,212 1,236	33 18	71,91 40,62	1,2
	5/1971	m f	1,239 1,220	114 74	93,30 65,04	1,4
Lafia	7/1971	m f	1,225 1,241	89 29	68,81 84,13	0,9
	8/1971	m f	1,158 1,409	38 11	79,08 39,11	0,7
	9/1971	m f	1,163 1,163	28 26	54,92 71,07	0,0
	10/1971	m f	1,229 1,130	69 62	157,70 52,02	0,0
	11/1971	m f	1,104 1,150	25 18	122,70 100,03	1,4
	12/1971	m f	1,161 1,146	27 25	62,24 106,06	0,6
	1/1972	m f	1,170 1,151	83 44	72,02 57,51	1,3
	2/1972	m f	1,200 1,179	142 113	48,88 54,79	2,4
	3/1972	m f	1,200 1,169	114 89	83,42 55,30	2,7
	4/1972	m f	1,180 1,156	96 78	80,31 66,47	1,8
	2/1973	m f	1,148 1,137	367 396	63,97 70,10	2,0

Enfin, les variances, tout en étant assez fluctuantes, oscillent entre 40 et  $70.10^{-4}$  en général sauf à la fin de l'année, car elles augmentent sensiblement en novembre et décembre.

### 2.3 ADULTES

On dispose d'échantillons prélevés dans quatre régions de 1966 à 1970 : Logone et Chari en amont du confluent (tableau XXIV); le confluent (N'Djamena, tableau XXV); le delta (Djintilo, tableau XXVI) et l'archipel sud-est (tableau XXVIII). On peut de plus comparer ces résultats avec ceux de la période 1971-73 pour le delta et l'archipel sud-est (tableaux XXVII et XXIX).

#### 2.31 Le système fluvial

##### 2.311 En amont du confluent (tableau XXIV et fig.41A)

Les pêches ont été fructueuses d'avril à septembre; d'octobre à mars par contre les *Alestes baremose* sont rares et les seuls échantillons notables ont été réalisés lors d'une grande pêche traditionnelle de barrage à Logone-Gana.

A Maïlao, l'ensemble des valeurs de  $\bar{K}$  obtenues en 1966 et 1967 se présente de façon cohérente : il y a diminution depuis avril jusqu'à la fin du mois de septembre (fig.41A). La perte de condition est considérable : de 1,334 à 0,984 pour les femelles de 1,285 à 0,984 pour les mâles. Cette perte est régulière chez les mâles; en revanche, chez les femelles, elle est d'abord lente puis très rapide de la mi-août à la mi-septembre.

Les valeurs de  $\bar{K}$  observées à Logone-Gana sont en bon accord avec celles de Maïlao. La concordance est excellente chez les mâles, très bonne chez les femelles, sauf en juillet. Durant le dernier trimestre, la condition s'améliore très nettement : pour les femelles par exemple,  $\bar{K}$  passe de 1,069 début septembre à 1,254 fin décembre. Cette amélioration est encore plus sensible à Daga.

Alors qu'entre avril et août la condition des femelles est presque toujours supérieure à celle des mâles, de septembre à décembre il ne semble plus y avoir de différence entre les sexes (sur cinq valeurs de  $t$ , quatre ne sont pas significatives, tableau XXIV).

Tableau XXIV Valeurs du coefficient de condition moyen  $\bar{K}$  pour les principaux échantillons d'adultes du réseau fluvial en amont du confluent.

LIEUX	DATES	SEXE	$\bar{K}$	N	$\Sigma 10^4$	$t_{m-f}$
Mailao	3-8/4/1967	m	1,289	88	43,60	4,4
		f	1,334	37	19,60	
Mailao	31/5-6/6/1966	m	1,262	139	43,23	1,8
		f	1,279	89	51,03	
Mailao	21-26/6/1967	m	1,204	77	46,25	3,3
		f	1,240	60	34,00	
Mailao	27/7-3/8/1966	m	1,152	161	65,03	8,8
		f	1,220	277	52,74	
Mailao	16-18/8/1967	m	1,089	141	54,19	11,8
		f	1,198	163	73,58	
Mailao	9-19/9/1965	m	1,081	91	50,42	5,6
		f	1,017	112	83,73	
Mailao	27-30/9/1967	m	0,994	130	53,92	0,5
		f	0,984	58	181,37	
Logone-Gana	3-4/6/1966	m	1,244	97	34,83	2,4
		f	1,266	70	35,80	
Logone-Gana	18-23/7/1967	m	1,173	234	48,70	13,5
		f	1,265	160	48,75	
Logone-Gana	30/8-3/9/1967	m	1,056	321	48,27	1,5
		f	1,069	174	111,60	
Logone-Gana	2-6/11/1967	m	1,183	38	272,73	0,0
		f	1,183	12	88,89	
Logone-Gana	13-15/12/1968	m	1,166	35	33,96	1,2
		f	1,181	62	41,32	
Logone-Gana	28-30/12/1967	m	1,212	49	47,48	2,1
		f	1,254	24	68,58	
Daga	13-16/12/1967	m	1,324	26	82,38	1,0
		f	1,296	13	55,69	

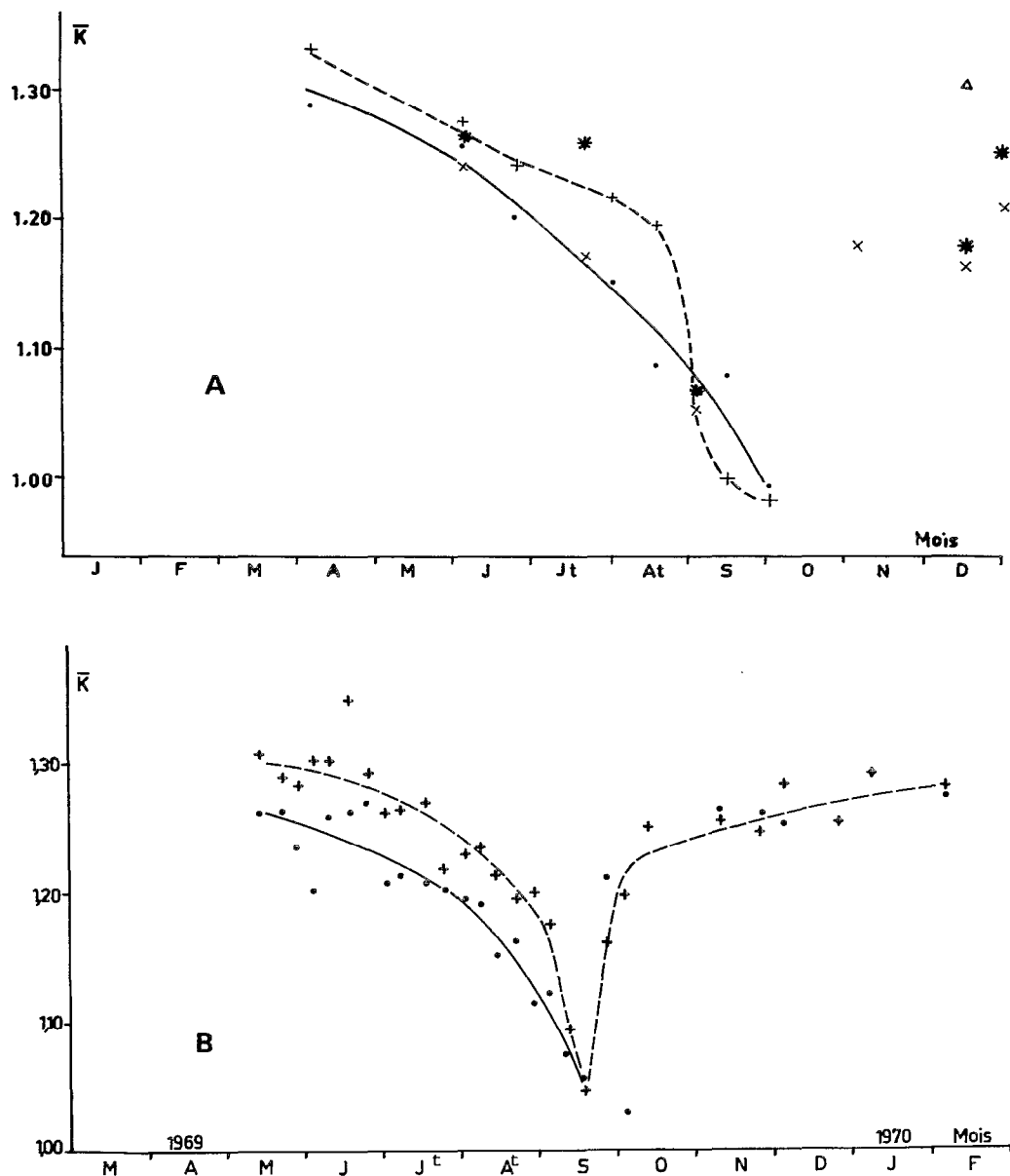


Figure 41 Variations du coefficient moyen de condition  $\bar{K}$  des *Alestes baremose* du système fluvial.

A. En amont du confluent et dans l'El Beïd : (Maïlao : mâles —, • ; femelles ---, +. Logone-Gana : mâles x ; femelles \* . El Beïd (Daga) : Δ ).

B. Au confluent (N'Djamena) (mâles :—, • ; femelles:---, +).

Tableau XXV Valeurs du coefficient de condition moyen  $\bar{K}$  pour les échantillons d'adultes à N'Djamena (confluent).

DATES	SEXE	$\bar{K}$	N	$\sum 10^4$	$t_{m-f}$	DATES	SEXE	$\bar{K}$	N	$\sum 10^4$	$t_{m-f}$
13/5/69	m	1,263	34	57,53	2,2	21/8/69	m	1,163	33	52,73	1,8
	f	1,309	26	68,08			f	1,196	44	73,20	
22/5/69	m	1,267	32	46,34	1,5	28/8/69	m	1,117	42	77,33	4,7
	f	1,291	35	43,20			f	1,201	46	64,85	
28/5/69	m	1,235	32	76,66	1,9	4/9/69	m	1,223	21	49,24	2,6
	f	1,283	12	47,50			f	1,175	44	77,84	
4/6/69	m	1,204	43	37,02	6,2	11/9/69	m	1,075	20	61,25	0,7
	f	1,305	26	46,92			f	1,092	46	139,02	
10/6/69	m	1,260	25	42,00	2,3	17/9/69	m	1,055	31	43,87	0,4
	f	1,305	23	46,91			f	1,048	41	105,05	
18/6/69	m	1,268	27	32,00	5,2	26/9/69	m	1,213	12	129,67	1,2
	f	1,348	32	37,72			f	1,166	25	131,44	
25/6/69	m	1,272	54	30,31	1,2	3/10/69	m	1,036	33	138,58	5,9
	f	1,294	26	75,50			f	1,200	52	188,46	
2/7/69	m	1,209	41	48,00	3,3	12/10/69	m	-	-	-	
	f	1,264	34	53,88			f	1,247	19	85,58	
9/7/69	m	1,214	44	31,25	4,0	10/11/69	m	1,263	27	43,63	0,5
	f	1,267	37	39,68			f	1,255	53	77,00	
17/7/69	m	1,209	41	39,46	4,5	25/11/69	m	1,260	57	42,79	1,2
	f	1,272	44	45,66			f	1,245	39	34,30	
24/7/69	m	1,205	37	45,81	0,9	4/12/69	m	1,254	37	55,89	1,6
	f	1,220	43	54,93			f	1,282	47	73,87	
2/8/69	m	1,195	41	44,95	2,4	25/12/69	m	1,257	42	22,05	0,1
	f	1,233	45	65,64			f	1,256	44	36,52	
8/8/69	m	1,192	39	45,77	2,6	8/1/70	m	1,290	41	49,02	0,0
	f	1,236	41	70,90			f	1,290	42	34,83	
14/8/69	m	1,152	44	46,61	3,1	9/2/70	m	1,276	47	39,15	0,0
	f	1,215	40	39,38			f	1,281	44	83,25	

## 2.312 Le confluent : N'Djamena (tableau XXV et fig.41B)

On observe chez les femelles une baisse relativement lente et irrégulière du coefficient moyen de mai, au début du mois d'août. Durant cette période, en deux mois et demi,  $\bar{K}$  diminue d'environ 0,065. Cette diminution s'accélère en août ( $\bar{K}$  s'abaisse alors de 0,185 en un peu plus d'un mois) et conduit au minimum de septembre ( $\bar{K} = 1,048$ ). Ce minimum est suivi d'une remontée d'abord très rapide jusqu'à la mi-octobre, beaucoup plus lente ensuite. En janvier et février la condition est identique dans les deux sexes et atteint des valeurs comparables à celles du mois de mai ( $\bar{K} \# 1,290$ ).

Les variances sont nettement plus fortes en septembre et en octobre; elles reprennent en novembre leur niveau initial. Cette élévation des variances est significative; si l'on compare par exemple les échantillons de femelles des 4 et 11 septembre, le rapport des variances est de 1,79 alors que le seuil de signification au risque 5%, pour 45 et 43 degrés de liberté, est de 1,65.

La condition des femelles est supérieure à celle des mâles de la mi-mai au début septembre puisqu'il y a douze valeurs de  $t$  significatives sur dix-sept. De la mi-septembre au mois de février, mâles et femelles présentent des  $\bar{K}$  comparables, ce qu' illustre le tracé de la figure 41B où la courbe est sensiblement la même pour les deux sexes.

En conclusion, l'évolution saisonnière de  $\bar{K}$  est analogue dans les trois stations du système fluvial, aux variations interannuelles près.

## 2.313 Le delta

Les données sont rassemblées dans les tableaux XXVI (1966-1968) et XXVII (1971-1972). La figure 42 représente l'évolution saisonnière de  $\bar{K}$  pour chaque sexe.

Tableau XXVI Valeurs du coefficient de condition moyen  $\bar{K}$  pour les principaux échantillons d'adultes du delta (1966-1969) à Djimtilo.

DATES	SEXE	$\bar{K}$	N	$\sigma^2 \cdot 10^4$	$t_{m-f}$
27/1-9/2/1966	m	1,329	115	44,32	0,1
	f	1,328	18	22,84	
20-23/3/1967	m	1,403	238	54,58	0,4
	f	1,400	164	46,21	
23-26/4/1967	m	1,407	331	69,76	4,3
	f	1,378	131	31,98	
22-26/5/1967	m	1,356	244	50,49	1,3
	f	1,365	144	40,03	
5-8/7/1966	m	1,320	104	49,23	1,7
	f	1,336	123	52,97	
16-19/9/1966	m	1,252	48	80,16	1,2
	f	1,273	82	104,36	

Tableau XXVII Valeurs de  $\bar{K}$  pour les *Alestes laremoreae* adultes du delta (1971-1972).

	SEXE	$\bar{K}$	N	$\sigma^2 \cdot 10^4$	$t_{m-f}$	1972	SEXE	$\bar{K}$	N	$\sigma^2 \cdot 10^4$	$t_{m-f}$
Février	m	1,345	65	100,9	3,9	Janvier	m	1,330	101	189,0	0,2
	f	1,411	56	70,0			f	1,327	133	111,9	
Mars	m	1,354	253	81,6	4,1	Février	m	1,369	66	157,5	0,3
	f	1,386	375	99,7			f	1,374	92	83,2	
Avril	m	1,378	76	92,9	0,1	Mars	m	1,406	76	76,6	2,1
	f	1,376	91	89,1			f	1,434	110	78,0	
Mai	m	1,363	91	64,2	0,2	Juin	m	1,346	97	84,0	0,4
	f	1,360	59	112,7			f	1,341	127	86,5	
Juin	m	1,328	79	69,7	2,8	Juillet	m	1,267	9	43,8	
	f	1,366	87	84,0			f	1,346	12	102,1	
Juillet	m	1,272	149	83,6	4,8	Août	m	1,211	170	70,0	7,8
	f	1,325	172	103,4			f	1,276	211	72,9	
Août	m	1,199	425	77,3	10,2	Septembre	m	1,214	150	128,3	3,3
	f	1,263	454	83,1			f	1,253	158	87,5	
Septembre	m	1,132	142	135,3	6,6	Octobre	m	1,232	98	111,0	2,4
	f	1,221	131	104,6			f	1,266	115	112,1	
Octobre	m	1,342	139	94,8	1,4	Novembre	m	1,271	36	67,7	1,2
	f	1,326	148	82,1			f	1,291	82	84,6	
Novembre	m	1,334	131	70,2	0,0						
	f	1,333	139	71,2							
Décembre	m	1,332	126	72,2	1,5						
	f	1,326	106	76,8							

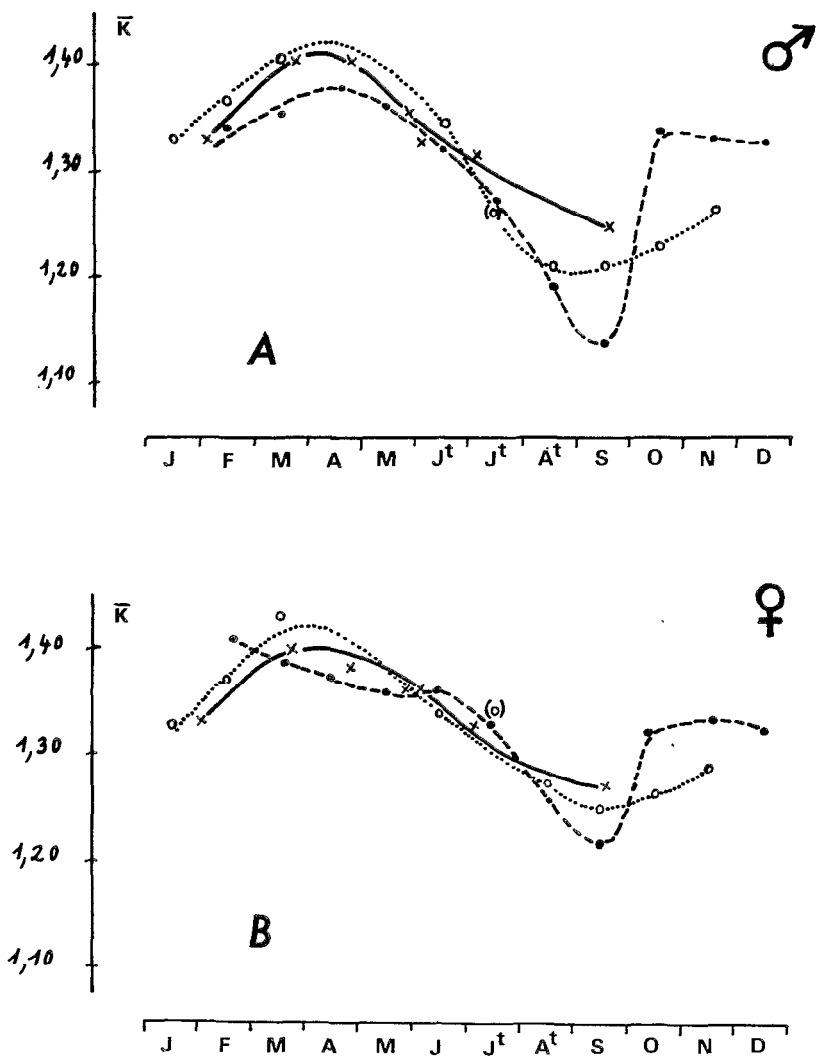


Figure 42 Variations du coefficient moyen de condition  $\bar{K}$  des *Alestes baremoze* au delta du Chari.  
A. Mâles B. Femelles.  
(1966-1968 : —, x ; 1971 : ---, • ; 1972 : ..... , o ).



La condition des *Alestes baremoze* est toujours très élevée dans cette zone, quelle que soit l'année considérée. Sur l'ensemble des 52 échantillons  $\bar{K}$  n'est inférieur qu'une fois à 1,20 : 1,132 pour les mâles en septembre 1971.

La condition augmente depuis janvier jusqu'en mars-avril; elle atteint alors des valeurs très élevées, de l'ordre de 1,400. Elle décroît ensuite durant cinq mois jusqu'en septembre. Durant le dernier trimestre  $\bar{K}$  augmente à nouveau pour atteindre des valeurs de l'ordre de 1,30. Il est intéressant de constater qu'au delta les variations interannuelles ne peuvent être rattachées à une évolution à long terme, car les cycles saisonniers sont, globalement, remarquablement semblables (fig.42).

De nombreuses pêches ont été effectuées dans le sud du lac, ou tout du moins le long de la bordure camerounaise de la zone sud. Elles ont été, d'une manière générale, infructueuses à l'exception de deux d'entre elles, au début des mois d'avril et de juin 1968. Les  $\bar{K}$  sont, là aussi, élevés; en particulier en juin, où le coefficient moyen des femelles atteint 1,418, valeur la plus forte enregistrée sur l'ensemble des échantillons.

Dans l'ensemble, la différence de condition entre les mâles et les femelles est moins nette que dans les stations du système fluvial; on peut cependant remarquer que de juin à septembre 1971 et de juillet à octobre 1972, les femelles ont toujours une condition supérieure à celle des mâles.

## 2.32 L'archipel sud-est

Des pêches ont été effectuées de février 1966 à septembre 1969 à Bol (tableau XXVIII) puis d'avril 1971 à février 1973 à Lafia (tableau XXIX). Les résultats de Lafia sont beaucoup plus difficiles à utiliser car les échantillons sont souvent trop faibles. Ceci est dû à la raréfaction progressive des adultes dans l'archipel sud-est de 1966 à 1973. La figure 43 ne comporte qu'un seul tracé pour les deux sexes en 1971-72.

Dans la première série d'échantillons (1966-1969), le cycle est analogue pour les deux sexes. La condition est moyenne fin janvier; elle augmente jusqu'au mois d'avril où elle atteint des valeurs maximales assez fortes, de l'ordre de 1,320 pour les femelles et 1,350 pour les mâles. La décroissance est ensuite continue jusqu'au début du mois de septembre au cours duquel  $\bar{K}$  atteint les valeurs de 1,112 pour les femelles et 1,034 pour les mâles. Durant le dernier trimestre, il y a une amélioration faible et irrégulière de la condition.

Pour les échantillons obtenus de 1971 à 1973, l'allure de la courbe de variation saisonnière de  $\bar{K}$  est la même, mais les valeurs les plus élevées restent très nettement inférieures aux valeurs homologues de

Tableau XXVIII Valeurs de  $\bar{K}$  pour les adultes de l'archipel sud-est (1966-1969; Bol).

Dates	Sexes	$\bar{K}$	N	$\Sigma 10^4$	$t_{m-f}$
22-24/1/1969	m	1,220	65	119,85	0,4
	f	1,211	64	120,42	
5-9/2/1966	m	1,285	103	84,39	4,7
	f	1,234	253	93,35	
25/2-2/3/1967	m	1,328	730	89,06	11,2
	f	1,267	511	88,97	
27/4-2/5/1966	m	1,346	99	54,17	5,5
	f	1,295	265	82,55	
3-8/5/1968	m	1,333	68	59,27	0,1
	f	1,336	45	169,58	
20-27/6/1968	m	1,252	92	73,61	0,8
	f	1,242	140	90,93	
30/6-4/7/1966	m	1,261	42	49,45	2,0
	f	1,237	189	61,01	
8-16/8/1968	m	1,150	123	86,17	3,0
	f	1,182	165	75,14	
5-9/9/1969	m	1,034	53	358,33	2,2
	f	1,112	61	357,09	
20-26/9/1969	m	1,185	49	150,31	0,2
	f	1,189	90	97,49	
21-24/10/1966	m	1,223	50	174,21	2,9
	f	1,151	93	253,47	
20-23/11/1968	m	1,124	33	89,58	1,5
	f	1,085	50	186,25	
14-17/12/1966	f	1,144	17	96,71	

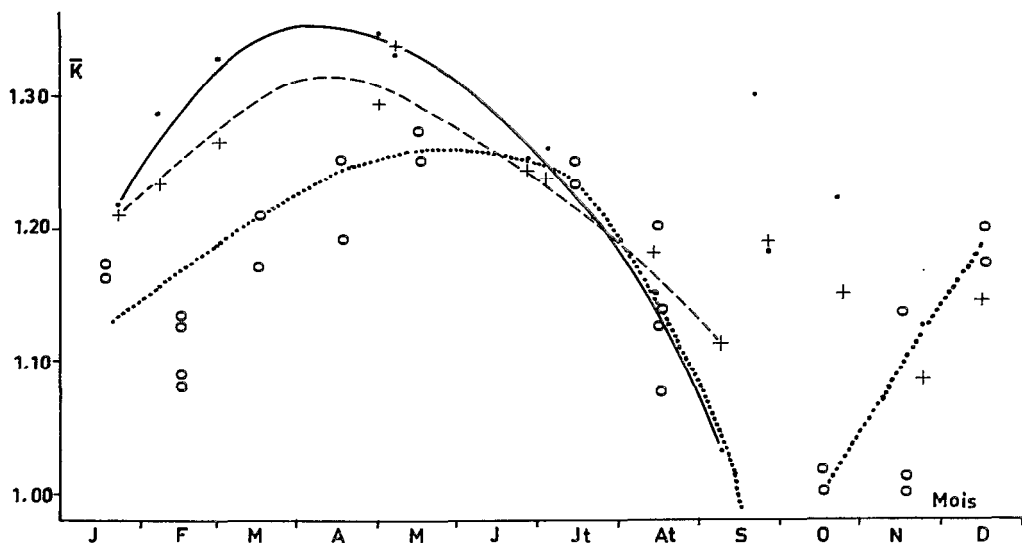


Figure 43 Variations du coefficient moyen de condition  $\bar{K}$  dans l'archipel sud-est en 1966-1969 à Bol (mâles : —, •; femelles : ---, ×) et en 1971-1972 à Lafia (mâles et femelles réunis: ..... , ○).

Tableau XXIX Valeurs de  $\bar{K}$  pour les adultes de l'archipel sud-est, (1971-1973; Lafia).

Date	Sexe	$\bar{K}$	N	$\sigma^2 10^4$	$t_{m-f}$
Avril 1971	m	1,246	24	136,8	3,0
	f	1,383	12	183,3	
Mai	m	1,257	52	105,9	0,8
	f	1,275	24	91,3	
Juillet	m	1,234	104	84,6	1,6
	f	1,255	93	90,8	
Août	m	1,129	26		
	f	1,204	23	183,9	
Octobre	m	1,017	24	179,7	0,2
	f	1,006	17	249,6	
Novembre	m	1,012	17	192,3	
	f	1,155	10	158,1	
Décembre	m	1,	19	84,4	
	f	1,120	10	90,0	
Janvier 1972	m	1,165	41	122,8	0,1
	f	1,167	15	106,0	
Février	m	1,137	38	90,1	1,4
	f	1,092	24	179,7	
Mars	m	1,173	48	109,5	1,3
	f	1,218	19	178,4	
Avril	m	1,191	33	82,0	
Août	m	1,074	34	97,3	1,7
	f	1,133	20	174,4	
Février 1973	m	1,083	34	113,2	1,4
	f	1,138	13	146,5	

1966-1969. Après une augmentation de février à mai les valeurs de  $\bar{K}$  décroissent comme en 1966-1969 pour atteindre les mêmes valeurs minimales, de l'ordre de 1,05.

En septembre-octobre, on observe une forte augmentation des variances. Celle-ci correspond à une hétérogénéité parfois très nette des échantillons. Début septembre 1969, par exemple, la distribution des  $\bar{K}$  des mâles, de moyenne 1,034, est bimodale et peut se scinder en distributions de moyennes 0,861 et 1,212; les effectifs sont comparables (26 et 25) et la différence entre ces deux moyennes ne peut être attribuée au hasard ( $t = 18,7$ ). Cette hétérogénéité explique la brusque augmentation des variances qui survient en septembre (tableau XXVIII).

En 1966-69, les mâles ont dans l'ensemble une condition supérieure à celle des femelles d'octobre à juillet; cette tendance s'inverse en août-septembre (fig.43). Les données de 1971-1973 ne permettent pas de confirmer ces différences.

## 2.4 DISCUSSION ET CONCLUSIONS

### 2.41 Cycle générale de condition

Toutes les observations réalisées concordent et permettent de décrire un cycle saisonnier général : après un maximum se situant de mars à mai, suivant les stations et les années, le coefficient moyen de condition diminue et passe par un minimum en septembre. La condition s'améliore très rapidement ensuite, beaucoup plus rapidement dans le système fluvial que dans l'archipel sud-est.

Ce schéma général recouvre en fait d'importantes différences régionales. La figure 44 réunit les courbes de variation de  $\bar{K}$  pour toutes les stations et par sexe pour la période 1966-1969.

Dans le système fluvial l'évolution de  $\bar{K}$  est assez proche à N'Djamena et en amont. Toutefois  $\bar{K}$  est supérieur au confluent du Logone et du Chari de juillet à décembre avec, en particulier, des différences nettes entre les valeurs minimales de septembre. C'est ce qu'indique le tableau XXX où l'on a regroupé les échantillons fluviaux.

La zone deltaïque est nettement distincte du système fluvial : d'une part, c'est là que les *Alestes baremose* ont leur meilleure condition, d'autre part, alors que dans le réseau fluvial, la baisse de  $\bar{K}$  s'accélère chez les femelles à partir de la mi-août pour aboutir au minimum très accusé de septembre, dans le delta la diminution reste régulière et la condition est encore élevée en septembre. Les observations faites par J. Hopson (1972) dans la région de Malamfatori, non loin de l'embouchure de la rivière Yobé, confirment ces deux aspects, la seule différence résidant dans des valeurs minimales plus précoces, en août au lieu de septembre.

On peut donc dire que la condition des *Alestes baremose* est d'autant plus élevée que les poissons se trouvent plus près du lac.

Dans l'archipel sud-est enfin, les deux sexes se situent différemment : chez les mâles  $\bar{K}$  est élevé de janvier à juin et est alors intermédiaire entre les valeurs du delta et celles du système fluvial, l'évolution de  $\bar{K}$  est ensuite analogue à celle des stations fluviales. Pour les femelles  $\bar{K}$  est identique aux valeurs du système fluvial d'avril à août, mais il ne présente pas de minimum accusé en septembre (fig.44).

En ce qui concerne les variances des échantillons étudiés, on peut faire plusieurs remarques:

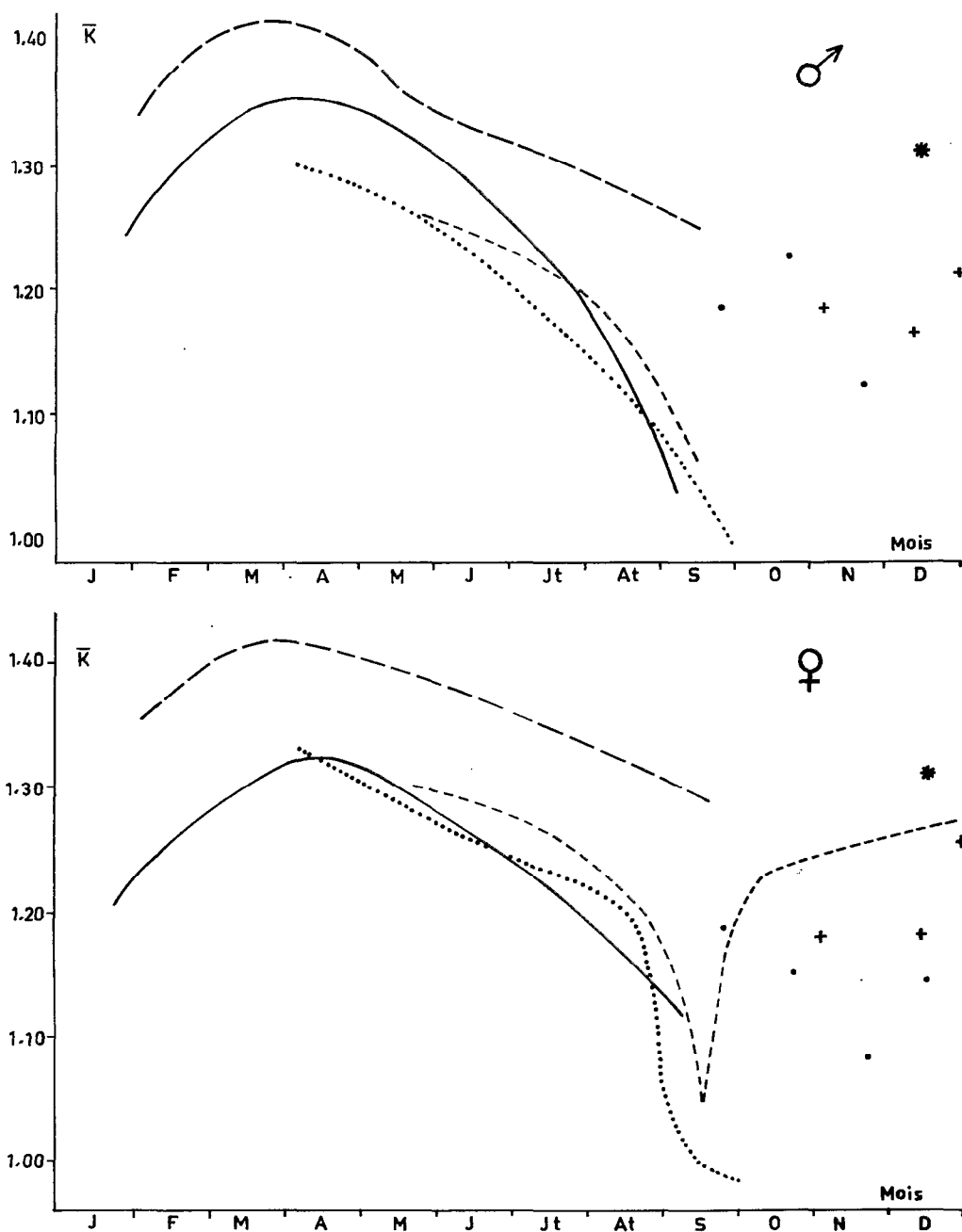


Figure 44

Comparaison des variations de  $\bar{K}$  dans les différentes régions de 1966 à 1969. A. Mâles, B. Femelles; (archipel : —, +; delta : ---; confluent : .....; fleuves en amont du confluent : — · —, •; El Beïd : \*).

Tableau XXX Comparaison des coefficients moyens de condition  $\bar{K}$  entre N'Djamena et Maïlao-Logone-Gana.

Epoques	Sexes	Paramètres	Maïlao-Logone	N'Djamena	t
Juin	m	$\bar{K}_2$ $\leq 10^4$ N	1,246 42,73 313	1,250 42,95 149	0,6
	f	$\bar{K}_2$ $\leq 10^4$ N	1,263 38,42 216	1,321 48,15 107	7,3
15 juillet au 15 août	m	$\bar{K}_2$ $\leq 10^4$ N	1,151 67,79 531	1,190 48,77 202	6,4
	f	$\bar{K}_2$ $\leq 10^4$ N	1,226 61,19 596	1,232 56,83 222	1,1
Septembre ou début octobre (valeurs minimales)	m	$\bar{K}_2$ $\leq 10^4$ N	0,994 53,92 130	1,036 138,57 33	2,0
	f	$\bar{K}_2$ $\leq 10^4$ N	0,984 181,37 58	1,048 105,05 41	2,7
Décembre	m	$\bar{K}_2$ $\leq 10^4$ N	1,209 66,85 99	1,256 37,97 79	4,4
	f	$\bar{K}_2$ $\leq 10^4$ N	1,202 59,56 86	1,266 64,73 92	5,4

- en 1966-1969 les variances sont faibles et bien groupées (de 40 à 60  $10^{-4}$ ) pendant la majeure partie de l'année pour les stations fluviales et le delta sauf en septembre - octobre où elles augmentent notablement. Cette augmentation est encore plus marquée dans l'archipel du sud-est, où les variances ont le reste de l'année des valeurs irrégulières, indices d'hétérogénéité;

- en 1971-1972 les variances restent très irrégulières dans l'archipel du sud-est et augmentent très notablement dans le delta où elles oscillent entre 70 et 110  $10^{-4}$ .

Il semble donc qu'il y ait une hétérogénéité saisonnière et une hétérogénéité interannuelle des variances. Il est intéressant de remarquer à ce propos que la condition des *Alestes baremose* dans l'archipel sud-est

s'est nettement dégradée entre 1966 et 1972 alors que, durant la même période, les coefficients de condition au delta gardaient des valeurs voisines et les plus élevées de celles recensées dans l'ensemble de la zone d'étude.

#### 2.42 Interprétation

Le cycle de condition reflète de nombreux aspects de la biologie des *Alestes baremoze* : alimentation, croissance, reproduction.

Nous verrons plus loin (chapitre VII) que la croissance en longueur s'arrête deux à trois mois, de novembre à février. On constate (fig.44) que la fin de l'arrêt de croissance coïncide assez bien avec le maximum de condition ; celui-ci est dû à l'alimentation des *Alestes baremoze* sur le zooplancton lacustre en saison fraîche, pendant l'arrêt de croissance en longueur. La décroissance de  $\bar{K}$  à partir des mois de mars-avril correspond tout à la fois au redémarrage de la croissance en longueur et au début de remontée dans les fleuves où ils ne trouvent aucune nourriture. Ce n'est pas, en effet, la maturation des ovaires qui modifie le coefficient de condition : il y a simple transfert des matières de réserves (surtout abdominales) dans les ovaires (Durand et Loubens, 1970a).

Le décalage des courbes entre le delta et les fleuves en amont s'explique par des migrations anadromes de reproduction : la condition est toujours élevée au delta et diminue ensuite, au fur et à mesure de la remontée qui s'effectue sans s'alimenter, ou presque. A partir d'août les premières pontes interviennent expliquant les chutes très brusques de  $\bar{K}$  (fig.44) qui correspondent à l'émission des produits génitaux. Les individus qui viennent de se reproduire disparaissent complètement des pêches effectuées dans le lit mineur : il semble qu'ils se dispersent dans le lit majeur où ils recouvrent rapidement une condition correcte.

La dégradation du milieu dans l'archipel sud-est entre 1966 et 1972 a pour conséquence une alimentation moins efficiente et explique la baisse de condition des *Alestes*. Il est plus surprenant de constater qu'il n'y a pas d'évolution parallèle de  $\bar{K}$  au delta alors que la baisse du lac devrait avoir les mêmes conséquences. Nous verrons au chapitre V que c'est dans le rôle de la cuvette nord du lac, plus profonde et où l'influence de la baisse du lac se fait moins sentir, que doit être cherchée l'explication.

Les variations saisonnières de l'embonpoint des *Alestes*, en dehors de ce qu'elles apportent pour la compréhension de la biologie de l'espèce, doivent être prises en considération sur le plan quantitatif. C'est ce que nous faisons au chapitre VII en incorporant les variations saisonnières de condition dans la croissance pondérale moyenne.

## Chapitre V

### POPULATIONS ET MIGRATIONS

L'étude de la reproduction des *Alestes baremoze*, confirmée par l'analyse des variations de condition, montre qu'il y a migration génétique et que la ponte se produit pour l'essentiel dans le fleuve aux mois d'août et septembre. Il reste à expliciter la totalité du, ou des, cycles migratoires en se demandant si l'on peut considérer l'ensemble des *Alestes baremoze* comme un groupe homogène ou s'il y a lieu au contraire de distinguer plusieurs populations (1) parmi les *Alestes baremoze* du bassin tchadien.

Une telle recherche suppose la mise en évidence d'indicateurs à la fois sûrs et précis qui sont classiquement trouvés soit à partir de mensurations (rapport hauteur/longueur du corps par exemple), soit de dénombrements. Les mensurations ne nous ont pas paru devoir apporter d'information intéressante ici et ce sont plutôt les caractères méristiques qui pouvaient répondre à notre attente. D'après les travaux antérieurs (Gras, 1962; Durand et Loubens,

---

(1) Définies comme des ensembles d'individus panmictiques.



1967 et 1971a) quatre caractères étaient théoriquement susceptibles de nous intéresser : les branchiospines, les écailles en ligne latérale, les vertèbres et les rayons de la nageoire anale.

Nous n'avons pas utilisé les deux premiers :

- le nombre d'écailles en ligne latérale s'est avéré d'une utilisation difficile : les premières écailles percées sont peu visibles; par ailleurs, nombre d'entre elles sont souvent arrachées lors de la capture du poissons. De toutes façons, le nombre d'écailles en ligne latérale est fortement lié au nombre des vertèbres (Gras, 1962);

- le nombre des branchiospines varie avec la taille; ce n'est pas, d'autre part, un caractère permettant des dénombrements rapides et sûrs. Son utilisation dans l'étude des populations n'a donc pas été tentée. Cependant, ce caractère reste précieux pour séparer les *Alestes dentex* des *Alestes baremoze* (Durand et Loubens, 1967). Enfin, le nombre de vertèbres est un caractère à variabilité réduite pour des individus du même sexe (Durand et Loubens, 1971a) (1). Ce n'est pas le cas du nombre de rayons branchus à l'anale dont, de plus, le dénombrement est facile et rapide, et que nous avons finalement choisi.

Par ailleurs nous avons déjà montré (Durand et Loubens, 1969) que la distance entre le centre de l'écaille et la première marque de croissance présentait des variations significatives chez certains groupes d'adultes.

Ce sont donc finalement ces deux caractères qui ont été utilisés dans la distinction des populations. Ils ont d'ailleurs tous deux été repris par J. Hopson (1972) pour la cuvette nord du lac.

Avant d'aborder les variations régionales proprement dites, il est nécessaire de connaître la valeur des méthodes utilisées et le type d'échantillons à étudier.

## 1 - VARIABILITÉ DU NOMBRE DE RAYONS A L'ANALE (F)

Les dénombrements des rayons de la nageoire anale ne concernent que les rayons branchus. On laisse donc de côté les trois premiers rayons simples. D'autre part, le dernier baséoste porte souvent deux rayons accolés à la base qui ne sont comptés que pour un seul. Les comptages sont faciles

(1) Néanmoins deux résultats méritent d'être notés :

- les femelles ont toujours un nombre moyen de vertèbres plus élevé que les mâles, de l'ordre de 0,33 vertèbres; résultat qui ne semble pas avoir été retrouvé ailleurs;
- il y a une corrélation négative entre le nombre de vertèbres et la taille pour des *Alestes baremoze* de première année du système fluvial.

et rapides et ne sont pratiquement jamais entachés d'erreur pour un observateur entraîné.

### 1.1 NORMALITE DE LA DISTRIBUTION

La plupart des tests statistiques utilisés supposent la normalité des distributions observées. Nous avons testé l'ajustement de la distribution obtenue à la courbe normale théorique de mêmes fréquence totale, moyenne et écart-type. En passant par l'intermédiaire des abscisses (X) et ordonnées réduites (Y), on obtient les fréquences théoriques calculées ( $y_c$ ). Celles-ci sont comparées aux fréquences observées ( $y_o$ ) par l'intermédiaire du test du  $\chi^2$ . Le tableau XXXI donne les éléments du calcul.

Tableau XXXI Ajustement à une courbe normale de la distribution globale observée.

Nombre de rayons	$y_o$	X	Y	$y_c$	Elements du $\chi^2$
19	2	-4,613	0,00002	0,3	} 1,4
20	5	-3,650	0,00047	10,6	
21	182	-2,687	0,01079	242,1	14,9
22	1967	-1,724	0,09027	2025,4	1,7
23	6972	-0,761	0,29864	6700,7	11,1
24	8812	0,202	0,39088	8870,3	0,2
25	4272	1,165	0,20239	4541,1	15,9
26	959	2,128	0,04145	930,0	0,9
27	116	3,091	0,00336	75,4	} 32,2
28	12	4,054	0,00011	2,5	
Total	23299			23298,1	78,3

Le  $\chi^2$  est très élevé; avec cinq degrés de liberté, la probabilité d'avoir une telle valeur est inférieure à 0,005%; les faits sont donc en désaccord avec l'hypothèse faite pour calculer les fréquences théoriques et les effectifs observés n'ont pas une distribution normale. Il n'y a pas d'amélioration en regroupant les classes extrêmes : pour deux degrés de liberté, le  $\chi^2$  est encore de 35,7.

Par rapport aux fréquences théoriques, il y a moins d'*Alestes baremose* à 21 et 25 rayons branchus à l'anale et plus à 23, 27 et 28. Le fait de ne pas trouver une distribution gaussienne n'est pas surprenant puisque

l'effectif global résulte d'un mélange d'échantillons de toutes origines, de moyennes souvent significativement différentes.

Bien que la distribution d'ensemble ne soit pas normale, les distributions partielles relatives aux différents échantillons peuvent l'être. Les ajustements de diverses autres distributions ont été testés : pour l'ensemble des adultes d'une part ( $N = 11959$ ) et l'ensemble des jeunes de longueur standard inférieure à 120 mm d'autre part ( $N = 10942$ ), on obtient le même résultat que précédemment (respectivement  $\chi^2 = 56,50$  et  $76,02$  pour 5 degrés de liberté). En revanche, la distribution observée pour l'ensemble des adultes de N'Djamena est en bon accord avec l'hypothèse de la distribution normale : pour 2.195 individus le  $\chi^2$  est de 6,55 avec 4 degrés de liberté et de 0,37 avec 2 degrés de liberté, ce qui correspond à des probabilités de 17% et 83%. Dans le cas des adultes de N'Djamena les observations ont été basées sur des échantillons périodiques pris pendant un cycle annuel complet.

Enfin, nous avons testé les ajustements correspondant à des échantillons réalisés en un lieu et à une date précis. Les résultats sont donnés dans le tableau XXXII,  $\nu$  désigne le nombre de degrés de liberté et  $p$  (%) la probabilité de dépassement du  $\chi^2$ .

Les résultats sont hétérogènes, certaines distributions ne sont manifestement pas normales. Cependant, la plupart des ajustements sont satisfaisants et nous supposons dans la suite de ce travail que les distributions observées sont suffisamment voisines de distributions normales pour que l'on puisse faire les calculs statistiques usuels.

Tableau XXXII Caractéristiques des ajustements pour divers échantillons.

Lieu	Date	N	$\bar{r}$	$\nu$	$\chi^2$	p(%)
Archipel (Bol)	24/2-2/3/67	1325	23,751	4	8,68	7
				2	3,23	20
	20-26/6/68	308	23,714	2	11,43	< 1
	14-16/8/68	245	23,743	2	4,13	13
Sud du lac	26/3-3/4/68	241	23,710	3	3,77	30
	28/5-5/6/68	636	23,788	4	10,68	3
				1	0,47	50
Delta (Djimtilo)	23-26/4/66	694	23,614	3	50,90	< 1
	5-8/7/66	226	23,730	3	1,95	58
				2	0,48	79
	20-23/3/67	357	23,583	3	1,51	68
Chari (Mailao)	22-26/5/67	378	23,608	3	1,77	63
	31/5-6/6/66	414	23,643	2	6,02	5
				1	0,24	62
	15-18/8/67	297	23,926	2	13,43	< 1

## 1.2 NOMBRE DE RAYONS ET SEXE

La comparaison des valeurs obtenues pour les principaux échantillons d'adultes de l'un et l'autre sexe montre qu'il n'y a pas d'une manière générale de différence significative (Durand et Loubens, 1971a). Sur trente et un échantillons d'adultes provenant de toutes les stations de notre zone d'étude à toutes les époques de l'année entre 1966 et 1970 le  $t$  de Student-Fisher entre sexes arrive au maximum à 1,84 et ce sont tantôt les mâles tantôt les femelles qui ont la moyenne la plus forte. En définitive, il ne sera pas nécessaire de tenir compte du sexe chez les adultes, et mâles et femelles seront regroupés pour l'étude des variations régionales.

## 1.3 NOMBRE DE RAYONS ET TAILLE

On a séparé les immatures et les adultes.

### 1.31 Immatures et prématures

Nous nous occuperons d'abord des immatures les plus petits (tableau XXXIII). Les tailles moyennes des poissons récoltés peuvent différer sensiblement en fonction de l'époque, de la localisation géographique et du mode de capture. Il s'agit toujours néanmoins de poissons nés lors de la saison de ponte précédente et ayant moins d'un an.

On s'aperçoit qu'il y a, dans la plupart des cas, corrélation entre la taille et le nombre de rayons branchus de la nageoire anale (1). Dans le réseau fluvial (tableau XXXIII et fig.45) la corrélation est toujours positive, deux fois significative et deux fois hautement significative. Elle n'est très nette que chez les poissons les plus jeunes de chaque échantillon. Dans le cas de l'échantillon du 13 au 16/12/67 (Daga), la valeur de  $r$  est hautement significative si l'on ne considère que les classes de 50 à 80 mm : + 0,119 alors que le seuil, au risque 1% est de  $\pm 0,992$ . Elle n'est plus significative

- (1) La liaison entre  $r$  et  $L$  a été étudiée à l'aide de leur coefficient de corrélation,  $r$ . Nous supposons donc que cette liaison, si elle existe, peut s'exprimer par une relation linéaire entre  $r$  et  $L$ . Dans la mesure où les distributions peuvent être considérées comme normales, les seuils de signification sont définis au risque 5% par  $\pm \frac{1,96}{\sqrt{N-1}}$  et au risque 1% par  $\pm \frac{2,58}{\sqrt{N-1}}$ .

Tableau XXXIII Corrélation entre le nombre de rayons à l'anale  $r$  et la longueur standard  $L$  (en mm) pour les *Alestes baremoze* de première année.

Lieu	Réseau fluvial				Archipel			
	Mailao	Daga	Daga	Ngodéni	Matafo	Matafo	Bol	Bol
Date	30/3-6/4/66	3-6/12/66	13-16/12/67	3-14/9/68	26/11/65	7/2/66	27/4/-1/5/66	18-19/5/69
N	280	1650	2385	314	1767	109	576	142
$\bar{L}$	85,429	86,918	88,451	39,793	39,627	39,083	81,709	56,620
$\sigma_L$	14,000	8,200	12,115	13,680	13,755	12,418	9,863	12,053
$\bar{r}$	23,925	23,733	23,931	23,971	23,849	23,734	23,851	23,634
$\sigma_r$	1,0945	1,0152	1,0456	1,0748	0,9598	0,8949	0,9817	0,8597
$P$	+0,529	+0,0615	+0,0496	+0,2162	-0,0677	-0,203	-0,0105	-0,113
$P$ 1%	$\pm 0,154$	$\pm 0,0635$	$\pm 0,0528$	$\pm 0,146$	$\pm 0,0614$	$\pm 0,248$	$\pm 0,108$	$\pm 0,217$
$P$ 5%	$\pm 0,117$	$\pm 0,0483$	$\pm 0,0401$	$\pm 0,111$	$\pm 0,0466$	$\pm 0,189$	$\pm 0,082$	$\pm 0,165$

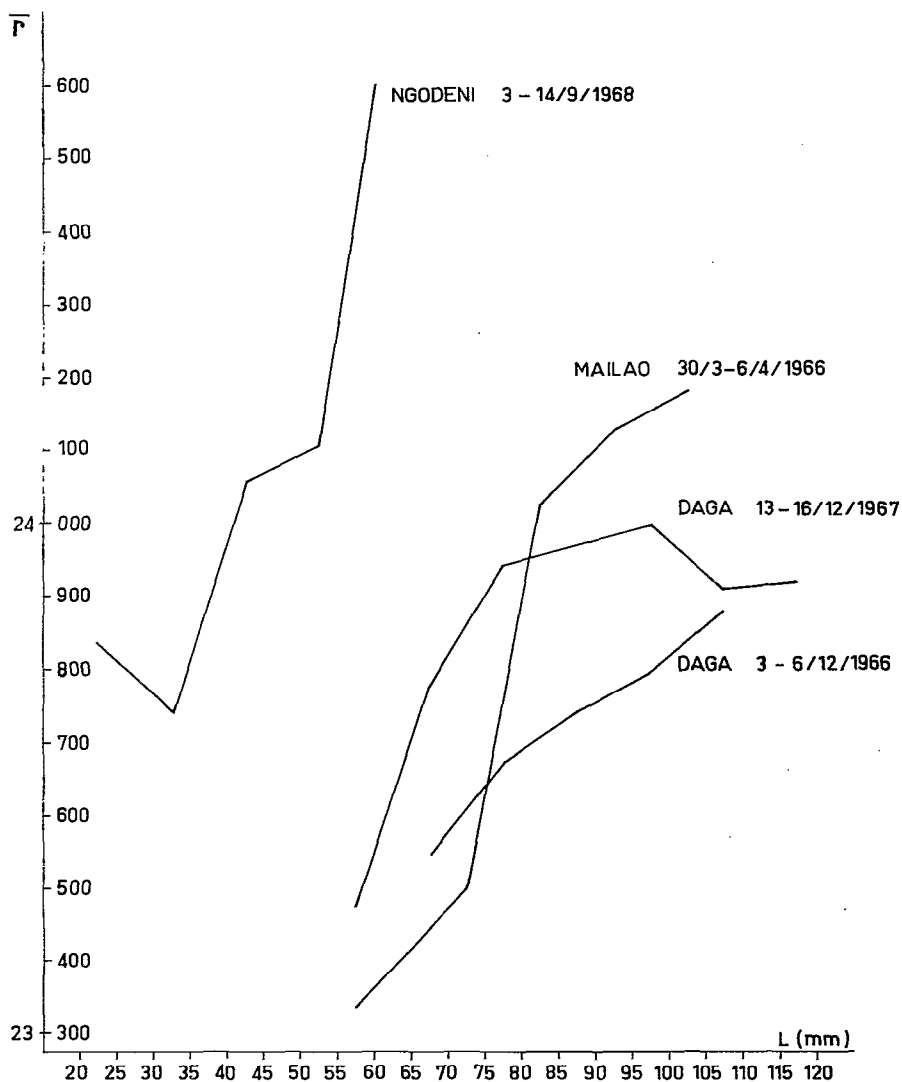


Figure 45 Variation du nombre de rayons à l'anale ( $\bar{r}$ ) avec la longueur standard chez les jeunes *Alestes baremoze* de première année du système fluvial.

si l'on considère les classes de 85 à 115 mm :  $\rho = -0,003$  alors que le seuil au risque 5% est de  $\pm 0,025$ .

De même, dans le cas de l'échantillon de Maïlao, pour les grands individus de 85 à 110 mm, la valeur de  $\rho$  qui est égale à  $+0,019$ , n'est pas significative puisqu'au risque de 5% le seuil est de  $+0,151$ . Dans les deux cas, la corrélation, significativement positive pour l'ensemble de l'échantillon, est inexistante si l'on ne considère que les tailles les plus élevées.

Les observations de Daga et Maïlao ont eu lieu sur des poissons capturés bien après la fin de la saison de ponte. L'échantillon de Ngodéni par contre, a été récolté entre le 3 et le 14 septembre et les poissons nés au cours de la seconde moitié de la saison de ponte ne figurent donc pas dans ces pêches; on constate que la corrélation est nette dans tout l'intervalle de variation de L. Les échantillons de Maïlao et Daga montrent une diminution du nombre de rayons branchus avec la taille chez les individus nés plus tardivement, tandis que l'échantillon de Ngodéni montre le même phénomène pour les individus issus des premières pontes. On peut donc en conclure que ce phénomène concerne probablement tous les jeunes *Alestes baremoze* du réseau fluvial : le nombre de rayons à l'anale est d'autant plus bas que la naissance est plus tardive; autrement dit, les immatures les plus grands ont plus de rayons que les plus petits.

Dans l'archipel, les quatre échantillons ont été récoltés après la fin de la saison de ponte (tableau XXXIII et fig.46). Les corrélations entre r et L sont toutes négatives; deux d'entre elles sont significatives, une autre hautement significative. Ici aussi les variations sont très nettes pour les *Alestes baremoze* les plus petits, qui contrairement au réseau fluvial présentent des valeurs de  $\bar{r}$  supérieures. Si on laisse de côté les classes correspondant aux poissons les plus petits, la corrélation n'est plus significativement négative et peut devenir positive.

Les immatures un peu plus âgés ou prématures, à un, deux, ou quelquefois trois annuli n'ont été capturés qu'en très petit nombre. Nous n'avons qu'un échantillon pour le réseau fluvial et trois pour l'archipel. Les résultats sont présentés dans le tableau XXXIV.

Les corrélations entre r et L sont négatives dans l'archipel, comme pour les immatures les plus jeunes, mais non significatives, alors que celle de Maïlao est positive et presque significative.

Tableau XXXIV Corrélation entre le nombre de rayons à l'anale  $\bar{r}$  et la longueur standard  $L$  (en mm) pour 4 échantillons d'*Alestes baremoze* immatures ( $100 \leq L \leq 205$ ).

Lieu	CHARI (Mailao)	ARCHIPEL (BoI)		
Date	30/3-6/4/66	20-26/6/68	8-12/8/68	24/8-26/9/69
N	104	124	208	223
$L$ extrêmes	150-205	110-155	110-195	100-180
$\bar{L}$	180,259	124,960	156,707	148,318
$\sigma_L$	15,2687	9,8476	18,0630	16,2236
$\bar{r}$	23,433	23,887	23,899	23,776
$\sigma_r$	0,9684	1,2392	1,0305	1,0173
$P$	+ 0,1908	- 0,0169	- 0,0372	- 0,0745
$P$ 5%	$\pm$ 0,193	$\pm$ 0,177	$\pm$ 0,136	$\pm$ 0,132

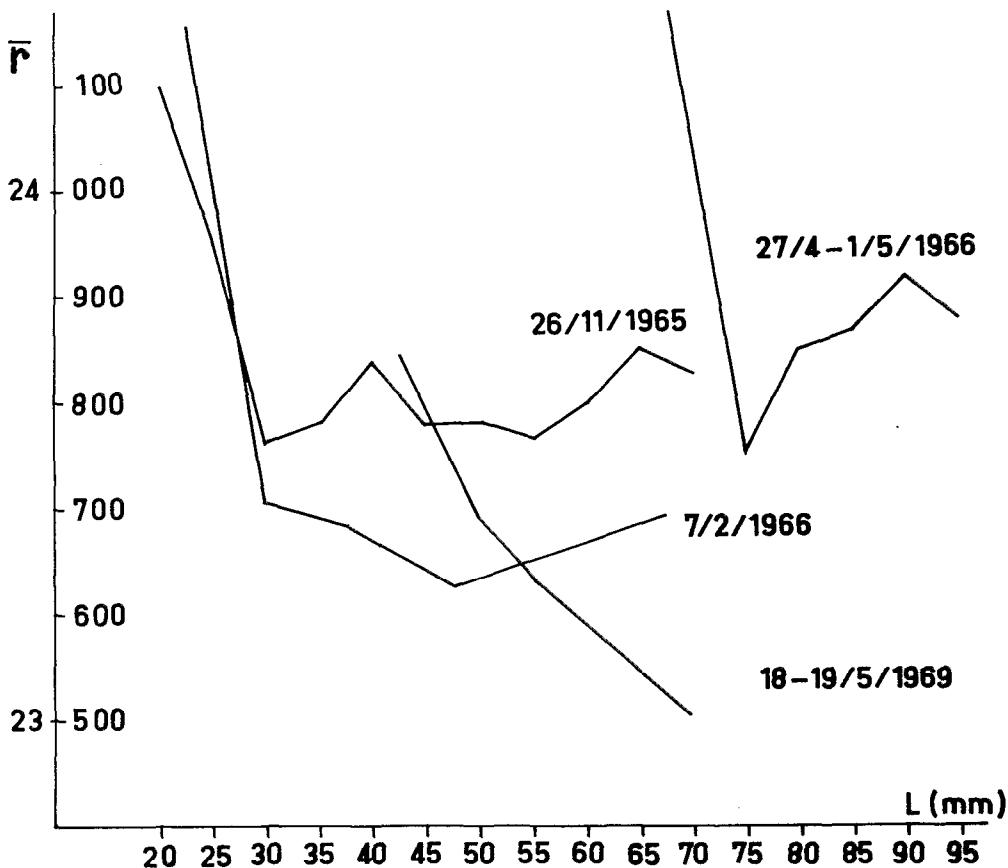


Figure 46 Variation du nombre de rayons à l'anale ( $\bar{r}$ ) avec la longueur standard chez les jeunes *Alestes baremoze* de l'archipel sud-est.



## 1.32 ADULTES

Nous avons préféré séparer les sexes étant donnée la différence de croissance entre mâles et femelles. Le tableau XXXV rassemble les résultats obtenus pour divers échantillons d'adultes du réseau fluvial de l'archipel.

Tableau XXXV Corrélation entre le nombre de rayons à l'anale  $\bar{r}$  et la longueur standard L (en mm) pour quelques échantillons d'*Alestes baremoze* adultes.

Lieu	Logone-Gana	Maïlao	Djintilo	Sud du lac et bras ouest du delta	Bol	
Date	30/8-4/9/67	31/5-6/6/66	23-26/4/66	28/5-5/6/68	24/2-2/3/67	
Sexe	♂	♂	♂	♀	♂	♀
L extrêmes	200-270	215-260	210-260	250-310	200-265	225-290
N	300	259	544	353	820	505
$\bar{L}$	234,4	235,9	233,4	281,5	220,7	249,2
$\sigma_L$	13,6750	8,5750	7,9394	12,6060	10,8640	12,7780
$\bar{r}$	24,007	23,660	23,638	23,768	23,760	23,737
$\sigma_r$	1,0360	0,9548	1,0622	1,0497	1,0728	1,0130
$\rho$	0,142	0,0699	0,0334	- 0,0392	- 0,0072	0,0627
$\rho$ 5%	$\pm 0,113$	$\pm 0,122$	$\pm 0,084$	$\pm 0,104$	$\pm 0,068$	$\pm 0,087$

Seule la corrélation concernant les poissons de Logone-Gana est significative. Ces résultats sont confirmés par les pêches de N'Djamena (8/5/69 au 4/4/70). Sur seize échantillons, huit de chaque sexe, trois corrélations sont significatives : deux, positives, chez les mâles, et une négative, chez les femelles. Il ne semble donc pas y avoir, dans l'ensemble, de corrélation entre le nombre de rayons branchus à l'anale et la taille chez les adultes.

En conclusion, si l'on considère des poissons de plus en plus âgés, le mélange des classes d'âge est de plus en plus accusé dans une même classe de longueur. La corrélation faible mais significative chez les très jeunes immatures, ne l'est plus que rarement chez les immatures plus âgés, pour cesser entièrement de l'être chez les adultes. L'explication des variations de  $r$  avec

la longueur chez les immatures sera tentée plus loin.

## 2 - UTILISATION DE LA DISTANCE AU PREMIER ANNULUS ( $\bar{D}_1$ )

Ainsi que nous le verrons plus loin, une des méthodes utilisées ici pour l'étude de la croissance est le rétrocalcul. Cette méthode consiste à effectuer des mensurations sur les écailles, entre les diverses marques - ou annuli - identifiées comme des marques de croissance et le centre de l'écaille, ou nucleus. Lors d'une étude préliminaire de la croissance nous avons constaté que la distance entre le premier annulus et le centre pouvait différer significativement d'un groupe d'*Alestes baremoze* adultes à un autre (Durand et Loubens, 1967). Un tel résultat implique que ces adultes n'aient pas connu les mêmes conditions d'existence entre leur naissance et leur premier arrêt de croissance les facteurs pouvant être des dates de naissance différentes ou des endroits de naissance n'offrant pas les mêmes conditions de milieu (température, nourriture disponible, etc ...) ayant pour conséquence des vitesses de croissance différentes pendant la première période de croissance. On retrouve là une méthode utilisée par les biologistes marins, par exemple dans l'étude des stocks de hareng de la mer du Nord (Lea, 1929).

Un deuxième indice de l'existence de groupes intra-spécifiques peut être fourni dans certains cas par la disposition des circuli des écailles (fig.64). Ces lignes concentriques peuvent en effet être plus ou moins marquées et rapprochées, indiquant ainsi que la croissance a été plus ou moins rapide et donc effectuée ou non dans des conditions optimales. Dans le cas des *Alestes baremoze*, la densité des circuli s'avère effectivement assez variable, mais ce n'est pas un caractère dont l'emploi soit facilement quantifiable. Seule la distance au premier annulus a donc été retenue.

Pour effectuer des mensurations sur les écailles, il faut choisir un axe de mesure. Deux peuvent être envisagés ici : d'une part, l'axe dorso-cranial qui passe par l'angle antéro-supérieur de l'écaille, d'autre part, l'axe cranial qui correspond à l'axe du corps du poisson (fig.63). Le premier n'est pas très bien défini morphologiquement; l'axe cranial, quant à lui, n'est pas toujours utilisable, les annuli étant très rapprochés chez les poissons âgés. C'est ce qui nous avait poussé à préférer l'axe dorsocranial pour notre première approche de la croissance par rétrocalcul. Néanmoins cette objection n'existe pas pour la première marque de croissance et toutes les valeurs de  $\bar{D}_1$  citées dans la suite du texte correspondent à l'axe cranial.

Par commodité, toutes les mesures de  $D_1$  (notation choisie pour l'axe cranial) seront données en unité du micromètre au grossissement 25. Pour convertir les distances sur l'axe dorsocranial ( $\Delta$ ) en mesures sur l'axe cranial (D) nous avons utilisé l'axe majeur réduit d'équation

$$D_1 = 1,464 \Delta_1 - 4,142$$

( $\Delta_1$ :unités du micromètre à G 12;  $D_1$ :unités du micromètre au grossissement 25; relation valable pour des valeurs de  $D_1$  comprises entre 5 et 50 soit approximativement pour des longueurs standard lors du premier arrêt de croissance comprises entre 15 et 150 mm).

A l'intérieur d'une cohorte donnée la taille au moment du premier arrêt de croissance est directement liée à la date de naissance. Or, dans le cas des *Alestes baremoze*, on peut estimer que les premières pontes ont lieu au début août et les dernières au début octobre. La date moyenne du premier arrêt de croissance pouvant être fixée à la mi-novembre, la durée de la première période de croissance pourra varier entre six et quatorze semaines. Bien entendu, les pontes ne sont pas également étalées entre le début août et le début octobre, cependant tout échantillonnage ne représentant qu'une partie de la cohorte risque d'introduire un biais important dans l'estimation de  $D_1$ . On retrouve là un aspect très proche du cas du nombre de rayons à la nageoire anale, la conclusion étant la même : en toute rigueur l'estimation de ces paramètres n'est valable que pour des échantillons d'adultes. L'analogie s'arrête cependant là, car on peut utiliser, dans une certaine mesure, les écailles de jeunes poissons qui peuvent, par exemple, donner une évaluation sous-estimée, mais intéressante, de  $\bar{D}_1$ .

Le mélange d'individus adultes de plusieurs classes d'âge ayant connu des sorts variés garantit qu'il n'y ait plus de relation directe entre la taille du poisson et la taille du premier annulus. A l'inverse, il pourrait être intéressant de considérer séparément les diverses classes d'âge d'adultes pour vérifier s'il n'y a pas corrélation entre la longévité et la première croissance, phénomène souvent invoqué pour expliquer des estimations de croissance biaisées quand on utilise le rétrocalcul.

Deux remarques pour terminer :

- contrairement à ce qu'a observé J. Hopson dans la cuvette nord du lac, les différences entre individus ne sont jamais telles que l'on puisse d'emblée les classer en deux catégories correspondant à des premières croissances faibles ou fortes. Autrement dit, nous n'avons jamais pu éviter de faire des mensurations. Celles-ci étant relativement plus délicates, nous n'avons pu associer systématiquement des valeurs de  $\bar{D}_1$  aux valeurs de  $\bar{r}$ ;

- enfin, nous n'avons pas tenu compte de la différence de croissance entre sexes, qui ne devient vraiment importante qu'à partir du deuxième arrêt de croissance.

### 3 - RÉSULTATS

C'est à partir des valeurs du nombre des rayons branchus à l'anale ( $\bar{r}$ ) et de la distance au premier annulus ( $\bar{D}_1$ ) chez les adultes sans tenir compte du sexe, que l'essai de distinction des populations sera tenté. Néanmoins le second des ces paramètres étant d'obtention moins aisée, a fait l'objet de beaucoup moins d'observations que le nombre de rayons à l'anale, qui servira donc d'ossature à l'exposé qui suit. Par ailleurs, nous nous limiterons ici à la période de moyen lac, 1966-1970. Les données ultérieures seront utilisées dans la discussion.

#### 3.1 LE RESEAU FLUVIAL

Le tableau XXXVI rassemble les résultats obtenus pour  $\bar{r}$  dans le système fluvial. Les stations de Maïlao (sur le Chari) et de Logone-Gana (Logone) ont été visitées en 1966 et 1967, assez irrégulièrement (fig.47). En revanche, les dénombrements effectués sur les *Alestes baremoze* capturés à N'Djamena ont été effectués à partir d'observations périodiques, entre mai 1969 et avril 1970 (fig.48).

A Maïlao, les six échantillons récoltés d'avril à septembre se répartissent en deux groupes : ceux d'avril à juillet d'une part, et ceux d'août à septembre d'autre part (fig.47). A l'intérieur de chaque groupe les valeurs de  $\bar{r}$  sont comparables. Entre les deux groupes, la différence des moyennes est hautement significative ( $t = 6,16$ ) pour des valeurs de  $\bar{r}$  de 23,615 d'avril à juillet et de 23,958 en août-septembre. A Logone-Gana, on peut réunir les échantillons de juin et de juillet d'une part ( $\bar{r} = 23,761$ ), ceux de septembre à décembre d'autre part ( $\bar{r} = 23,993$ ). Là aussi, la différence entre les nombres moyens de rayons à l'anale est hautement significative :  $t = 3,7$ .

La figure 48 représente les valeurs de  $\bar{r}$  obtenues à N'Djamena pendant un cycle annuel (1). En mai et juin, les valeurs de  $\bar{r}$  sont faibles et très homogènes. Il semble y avoir ensuite une période d'instabilité du

---

(1) L'intervalle entre échantillons est variable car les captures variaient très fortement d'une époque de l'année à l'autre.

Tableau XXXVI Réseau fluvial : nombre moyen de rayons branchus pour les *Alestes baremoze* adultes du Chari à Maïlao, du Logone à Logone-Gana et au confluent à N'Djamena.

Lieu	Date	N	$\bar{r}$	$\sum_r^2$
Maïlao	3-8/4/67	127	23,622	0,943766
	31/5-6/6/66	414	23,643	0,968820
	21-28/6/67	134	23,590	1,182278
	27/7-2/8,66	349	23,590	0,941026
	16-18/8/67	295	23,932	1,046252
	27-30/9/67	176	24,000	0,727272
Logone-Gana	3-4/6/66	154	23,734	0,987561
	21-23/7/67	353	23,773	1,053455
	30/8-4/9/67	460	23,996	1,030416
	2/11/67	53	23,943	0,528655
	28/12/67	60	24,033	1,032222
N'Djamena	8-31/5/69	165	23,685	0,979534
	1-12/6/69	114	23,702	0,946073
	13-30/6/69	129	23,682	1,178014
	1-13/7/69	148	23,703	0,844051
	14-28/7/69	157	23,924	1,051791
	29/7-11/8/69	155	23,755	1,127051
	12-17/8/69	172	23,895	0,896112
	18-31/8/69	158	23,823	0,892620
	1-14/9/69	130	24,162	0,700715
	15-28/9/69	105	24,190	0,837097
	29/9-26/10/69	100	23,930	0,965100
	27/10-29/11/69	168	23,857	1,027285
	30/11-31/12/69	167	23,874	1,067935
	1/1-22/2/70	168	23,732	1,017601
	23/2-24/3/70	159	23,748	1,081406
	25/3-4/4/70	117	23,769	1,169015

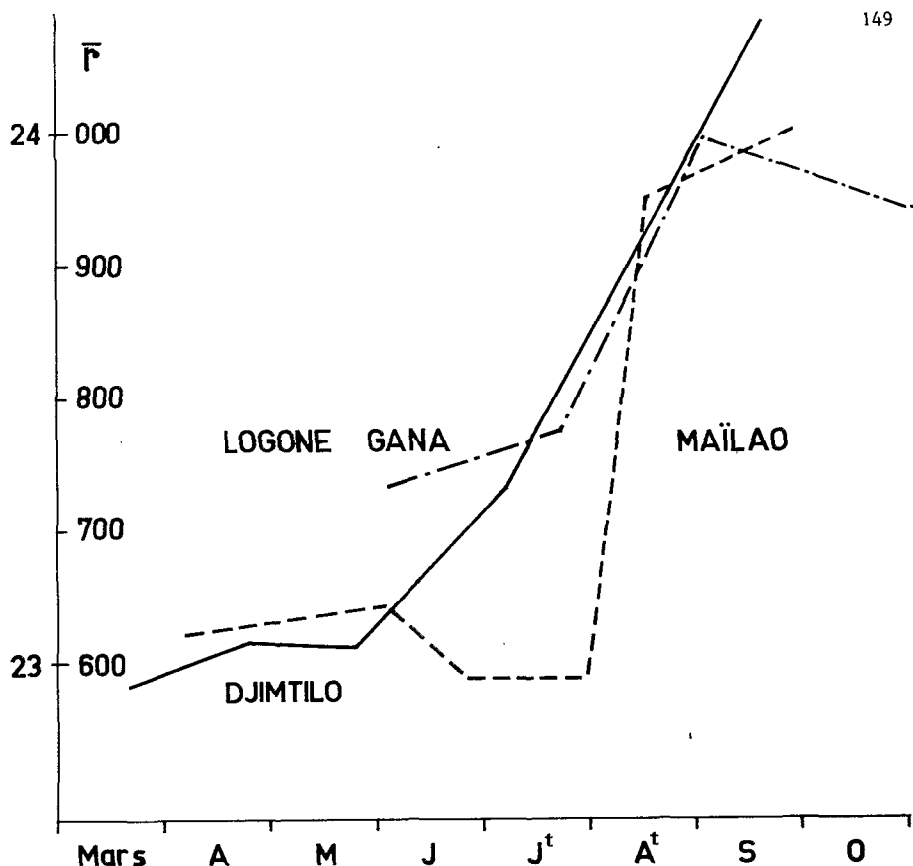


Figure 47 Variations saisonnières du nombre de rayons branchus à l'anale chez les *Alestes baremoze* adultes à Logone-Gana, Maïlao et Djimtilo.

14/7 au 31/8/69. Malgré les variations constatées, il est possible de regrouper les échantillons de cette période car il n'y a pas de différence significative à l'intérieur de ce groupe. Au mois de septembre, les valeurs très proches l'une de l'autre sont très élevées. En octobre, novembre et décembre, les valeurs de  $\bar{r}$  sont homogènes et se situent à un niveau intermédiaire. Enfin, de janvier à avril 1970, les moyennes de  $\bar{r}$  sont faibles, stables et ont sensiblement retrouvé le niveau de mai-juin 1969. Cet examen rapide nous permet de regrouper les échantillons en cinq groupes (tableau XXXVII). Ceux-ci ont été numérotés de 1 à 5 et le test de Student-Fisher a été appliqué à tous les couples correspondants.

Deux couples de valeurs apparaissent : mai-juillet 69 et janvier-avril 70 d'une part ( $t = 0,7$ ); juillet-août 69 et octobre-décembre 69 d'autre part. L'échantillon 3 (septembre 69) se distingue nettement de tous les autres : les valeurs de  $t$  varient de 3,6 à 6,1. Nous retrouvons ici les résultats obtenus dans les autres stations du réseau fluvial : de mars à juin, les

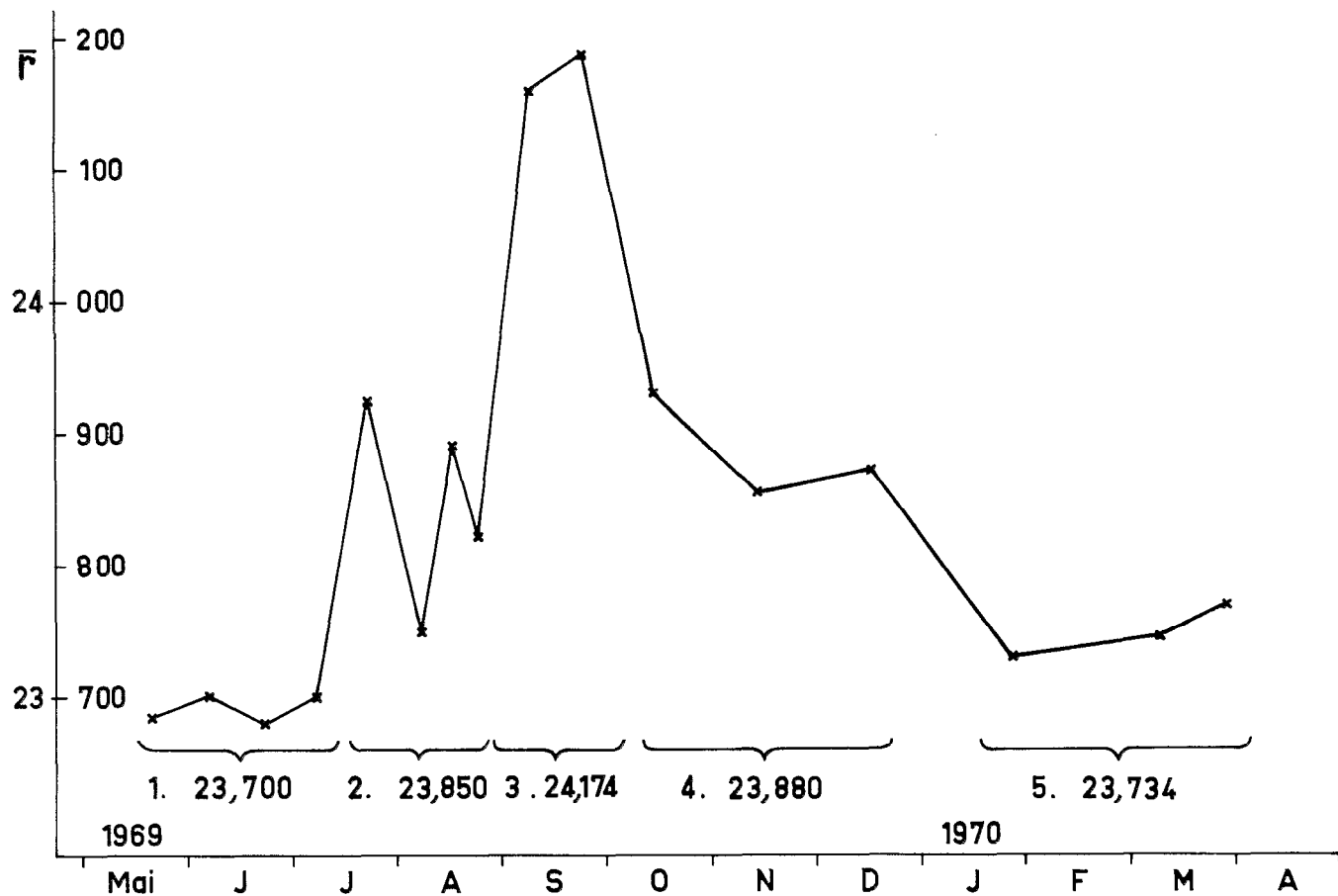


Figure 48 Variations saisonnières du nombre de rayons branchus à l'anale chez les *Alestes baremose* adultes à N'Djamena, de mai 1969 à avril 1970.

Tableau XXVII Signification des différences entre les nombres moyens de rayons branchus à l'anale ( $\bar{r}$ ) des *Alestes baremoze* de N'Djamena, après regroupements.

N°	Date	N	$\bar{r}$	$\sigma_r^2$	t (Student)				
					1	2	3	4	5
1	8/5-13/7/69	556	23,692	0,982749		2,7	6,1	2,9	0,7
2	14/7-31/8/69	642	23,850	0,993217			4,2	0,5	1,8
3	1-28/9/69	235	24,174	1,037646				3,6	5,3
4	29/9-31/12/69	435	23,880	1,043181					2,1
5	1/1-4/4/70	444	23,734	1,060000					

valeurs de  $\bar{r}$  sont faibles (ici de l'ordre de 23,700 en 1969, 23,750 en 1970), puis il y a une augmentation en juillet-août qui aboutit au maximum de septembre ( $\bar{r} = 24,174$ ). De plus, les données de N'Djamena permettent de se rendre compte que les mois de juillet et août constituent une période d'instabilité pendant laquelle on a l'impression qu'il y a un mélange. A partir du mois d'octobre,  $\bar{r}$  diminue irrégulièrement pour atteindre à peu près le niveau de mars à juin 1969 dès le mois de janvier 1970.

On peut donc conclure que dans les trois stations, le nombre de rayons à l'anale varie de façon analogue : valeurs basses de mars à juin, de l'ordre de 23,600; augmentation à partir de juillet qui conduit à des valeurs voisines de 24,000 dès la fin août.

En ce qui concerne la distance au premier annulus (mesurée sur l'axe cranial en unités du micromètre au grossissement 25), les résultats sont rassemblés dans le tableau XXXVIII.

On peut remarquer que les valeurs de  $\bar{D}_1$  sont toujours élevées, que ce soit dans le Chari, le Logone ou l'El Beïd (tableau XXXVIII). Si l'on ne considère que les échantillons d'adultes, la meilleure approximation semble être de l'ordre de 23 à 24. La variance est très élevée, ce qui correspond à des distributions de  $D_1$  très étalées sans mode net dans la plupart des cas.



Tableau XXXVIII Distance au premier annulus ( $\bar{D}_1$ ) pour quelques échantillons du réseau fluvial.

Lieu	Dates	Tailles	N	$\bar{D}_1$	$\sigma_{D_1}^2$
Maïlao	31/3-6/4/66	50-155	165	23,783	21,9826
Maïlao	31/5-7/6/66	215-290	101	23,232	35,0404
Maïlao	7/6/66	110-215	38	27,380	26,3233
Maïlao	3-8/4/67	145-205	54	25,018	20,1868
Maïlao	23-26/6/67	155-235	38	21,122	41,3655
Maïlao	27/6/67	90-185	83	25,962	25,9730
Logone-Gana	3/6/66	220-285	72	24,464	21,5279
Logone-Gana	19-20/7/67	145-220	15	29,531	18,2486
Logone-Gana	22/7/67	60-185	25	24,803	12,1143
Logone-Gana	2-4/11/67	125-200	26	27,679	9,1219
Logone-Gana	28-30/12/67	170-210	21	25,632	21,0568
El Beïd (Daga)	6/12/66	65-105	166	29,328	13,3905

### 3.2 LA ZONE DELTAÏQUE

Nous disposons dans le delta du Chari de données anciennes (1966-1967) auxquelles quelques échantillons récoltés dans la cuvette sud près de la bordure camerounaise du lac (tableau XXXIX) ont été associés.

Pour ces données anciennes (tableau XXXIX et fig.47), les résultats sont sensiblement identiques en mars, avril et mai : pour ces trois échantillons regroupés,  $\bar{r}$  est égal à 23,606. En juillet,  $\bar{r}$  augmente (23,730), sans que la différence avec le groupe précédent soit significative ( $t = 1,58$ ). En septembre l'augmentation est très importante,  $\bar{r} = 24,082$  : elle atteint presque 0,5 rayon par rapport au début de l'année. Les différences sont hautement significatives par rapport au groupe de mars à mai ( $t = 6,5$ ) et par rapport à l'échantillon de début juillet ( $t = 3,5$ ). Les échantillons de la bordure camerounaise du lac (1968) n'offrent pas de différence significative avec leurs homologues de Djimtilo.

Tableau XXXIX Nombres de rayons branchus à l'anale ( $\bar{r}$ ) pour les *Alestes baremoze* adultes du Delta et de la bordure camerounaise du lac (1966-1968).

Lieu	Dates	N	$\bar{r}$	$\sigma_r^2$
Djimtilo	20-23/3/67	357	23,583	1,044225
	23-26/4/66	694	23,614	1,121768
	22-26/5/67	378	23,608	1,058347
	5-8/7/66	226	23,730	1,214759
	16-19/9/66	269	24,082	1,242382
Cameroun	26/3-3/4/68	241	23,710	1,168746
	28-5-2/6/68	134	23,686	1,125640
Bras ouest	3-5/6/68	586	23,780	1,021503

Nous ne disposons que de quelques valeurs de  $\bar{D}_1$  pour la zone deltaïque (tableau XL). Elles sont du même ordre que celles observées dans le système fluvial amont et confirment donc l'homogénéité des stations des fleuves et du delta, caractérisés par deux groupes de valeurs de  $\bar{r}$  au cours du cycle annuel et des valeurs de  $\bar{D}_1$  élevées.

Tableau XL Distance au premier annulus ( $\bar{D}_1$ ) pour quelques échantillons d'adultes du Delta (Djimtilo).

Dates	N	$\bar{D}_1$	$\sigma_{D_1}^2$
23-26/4/66 $\left\{ \begin{array}{l} \sigma^2 \\ \varphi \end{array} \right.$	69	22,781	24,1567
	66	26,602	24,9084
22-26/5/67	45	26,584	18,2785
5-8/7/66	54	27,100	28,4697
16-19/9/66	39	24,546	35,3140

### 3.3 CUVETTE SUD DU LAC

En dehors de quelques échantillons de la bordure camerounaise - regroupés avec le delta - les seules données intéressantes proviennent des zones d'archipel où les *Alestes* étaient communs entre 1966 et 1970. Durant cette période, les observations ont presque toujours été effectuées à Bol (tableau XLI).

Tableau XLI Nombre de rayons branchus à l'anale pour les *Alestes baremose* de l'archipel sud-est (Bol).

Dates	N	$\bar{r}$	$s_r^2$
24/2-2/3/67	1325	23,749	1,1086
27/4-2/5/66	378	23,688	1,1036
5-8/5/68	111	23,819	1,1747
20-26/6/68	298	23,695	1,0510
30/6-5/7/66	219	23,858	1,2813
8-12/8/68	115	23,600	1,0400
14-16/8/68	165	23,921	1,1514
18-25/8/66	164	23,683	1,0214
24-28/8/69	35	23,686	1,1869
5-9/9/68	54	23,667	1,2592
21-23/9/69	77	23,714	0,9833
24-26/9/69	35	23,771	0,9766
21-24/10/66	131	23,588	1,4484

En 1966, à Bol, l'échantillon de juillet a une moyenne plus élevée que les trois autres, récoltés respectivement au début de mai, en mai et en octobre. Par rapport à ce dernier, la différence est significative ( $t = 2,1$ ). En 1968, la valeur de  $\bar{r}$  en mai est supérieure à celles de juin, août et septembre, mais aucune différence n'est significative. Au total, les échantillons de Bol se caractérisent par une homogénéité assez bonne : seul l'échantillon de juillet 1966 diffère significativement de ceux d'octobre

1966 et août 1968 ( $t = 2,1$  dans chacun des cas). La moyenne générale est faible ( $\bar{r} = 23,726$ ) et, malgré les différences entre les effectifs et les dates des échantillons d'une année à l'autre, les moyennes annuelles restent remarquablement homogènes : 23,714 en 1966; 23,749 en 1967; 23,697 en 1968 et 23,705 en 1969.

Les valeurs de  $\bar{D}_1$  pour l'archipel sud-est sont indiquées dans le tableau XLII.

Tableau XLII Distance au premier annulus ( $\bar{D}_1$ ) pour des *Alestes baremoze* adultes de l'archipel sud-est (Bol).

Dates	N	$\bar{D}_1$	$\sigma^2_{D_1}$
24/2-2/3/67	51	17,128	49,5774
28-30/4/66 $\left\{ \begin{array}{l} \sigma^{\rightarrow} \\ \sigma^{\leftarrow} \end{array} \right.$	43	19,077	27,0356
	67	20,263	33,8587
27/4-1/5/68	202	18,724	35,4437
5-8/5/68	34	23,201	23,8271
14-16/8/68	42	16,555	57,0290
21-23/9/69	28	19,151	26,1447
21-24/10/66	50	24,639	19,4007

Les distances moyennes au premier annulus sont en général un peu plus faibles que dans le delta et le système fluvial, alors que les variances sont très élevées sauf, justement pour les valeurs les plus fortes de  $\bar{D}_1$ . L'explication paraît donnée par l'hétérogénéité relative de certains échantillons. Pour les valeurs élevées de  $\bar{D}_1$  (échantillons de mai 1968 et octobre 1966) on a une répartition plus ample mais apparemment unimodale des distances au premier annulus. Pour les moyennes de  $\bar{D}_1$  plus faibles, on trouve une répartition encore plus ample et pouvant faire penser à une bimodalité plus ou moins nette, d'où les variances élevées (cas de février - mars 1967 et août 1968 par exemple). Le groupe à  $\bar{D}_1$  élevées est le plus important et correspond à des valeurs proches de celles trouvées dans le système fluvial : 22,0 à 26,0. Le deuxième groupe se situe autour de valeurs moyennes de  $\bar{D}_1$  de l'ordre de 8,0 à 12,0.

## 3.4 CUVETTE NORD (1)

Les peuplements de la cuvette nord ont été étudiés par J. Hopson de décembre 1966 à février 1969; ces observations concernent la région occidentale de la rive nigériane, soit la rivière Yobé et son embouchure, et les eaux libres proches, notée aussi dans le texte "région de Malamfatori" (fig.29).

Les comptages de rayons à l'anale ont été pratiqués aussi bien sur des juvéniles de 15 à 50 mm que sur des adultes de 205 à 300 mm de longueur. D'après nos résultats (cf §2), cette façon de faire, risque d'introduire des biais importants. Il ne semble pas que ce soit le cas dans la cuvette nord puisque les valeurs trouvées (Tableau XLIII), aussi bien d'adultes que de jeunes, se répartissent en deux groupes distincts; à tel point que le diagramme des valeurs moyennes de  $\bar{r}$  est nettement bimodal, sans recouvrement (fig.49).

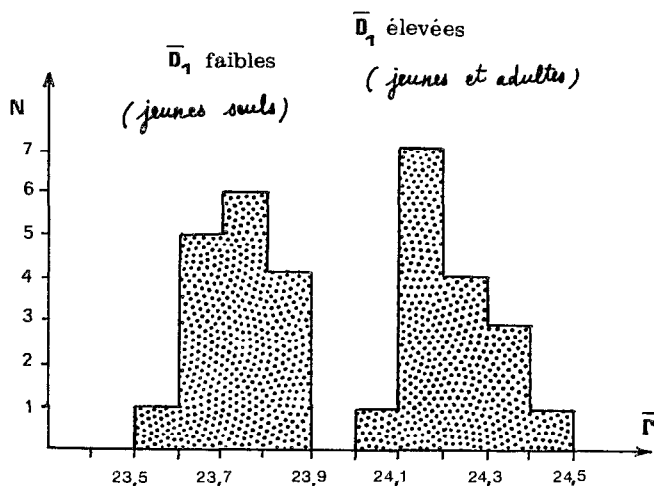


Figure 49 Histogramme des valeurs moyennes du nombre de rayons branchus à l'anale dans la région ouest de la cuvette nord (in J. Hopson, 1972). N désigne le nombre d'échantillons.

(1) L'exposé fait ici correspond pour l'essentiel à la publication de J. Hopson (1972) (pp. 15 à 20).

Tableau XLIII Nombre de rayons des *Alestes baremoze* de la région de Malamfatori (d'après J. Hopson, 1972).

Dates	Tailles (mm)	N	$\bar{r}$	$\frac{2}{s_r}$
Décembre 1966	15-35	191	23,806	0,8501
Janvier 1967	15-35	432	23,835	1,2792
Février	210-305	375	24,152	1,3900
Février-Juillet	15-55	100	23,760	1,0323
Septembre	35-55	98	24,326	1,0465
Septembre	15-35	102	23,794	0,8391
Octobre	15-35	200	23,660	0,9781
Novembre	15-35	247	23,636	0,8949
Novembre	210-305	308	24,181	1,0899
Novembre	55-90	147	24,210	0,9487
Décembre	15-35	100	23,530	0,6147
Décembre	210-305	260	24,138	1,0302
Décembre	55-90	84	24,273	1,4066
Janvier 1968	15-35	644	23,774	0,9624
Janvier	210-305	175	24,045	1,1794
Janvier	55-110	50	24,220	1,3179
Janvier	210-305	440	24,168	1,2343
Février	15-35	200	23,810	0,9293
Février	210-305	301	24,146	1,1194
Mars	15-35	202	23,763	0,8780
Avril	15-40	196	23,698	0,8427
Mai-Juillet	25-55	92	23,461	0,8482
Août	20-35	56	24,464	1,2724
Août	15-30	200	24,360	0,9960
Septembre	35-50	176	24,198	1,1321
Septembre	35-50	65	24,292	0,9158
Octobre	15-35	200	23,615	1,1215
Novembre	15-35	201	23,786	0,9197
Décembre	15-35	200	23,811	0,8686
Décembre	65-100	131	24,114	0,9940
Janvier 1969	15-35	200	23,700	0,8949
Janvier	210-305	212	24,334	1,1342

Une situation aussi tranchée n'a été retrouvée dans aucune autre région. J. Hopson a testé l'homogénéité de chacun de ces deux groupes d'échantillons et les valeurs de F trouvées, basses dans chaque cas, indiquent qu'il est probable que l'on soit en présence de deux populations homogènes, chacune d'entre elles correspondant à des valeurs moyennes de  $\bar{r}$  comprises pour l'une entre 23,4 et 23,9, pour l'autre entre 24,0 et 24,5.

Il est intéressant de constater que, à l'intérieur du groupe à moyennes élevées, jeunes et adultes se répartissent différemment : les adultes de ce groupe ont une moyenne de 24,167 alors que celle des jeunes est de 24,273. Cette différence est hautement significative ( $t = 2,74$ ) et confirme l'intérêt qu'il y a à ne pas prendre en considération, quand c'est possible, les jeunes individus.

On prendra donc plutôt comme valeur moyenne élevée  $\bar{r} = 24,167$ . Le groupe à moyennes basses est entièrement constitué d'échantillons de jeunes, de moyenne générale 23,740. En l'absence de dénombrements d'adultes pour les adultes, on peut se demander s'il ne s'agit pas là aussi d'une valeur légèrement surestimée.

En ce qui concerne la distance au premier annulus, on trouve aussi une situation particulièrement nette. La figure 50 reprend les histogrammes de  $D_1$  pour cinq échantillons du nord du lac, récoltés entre novembre 1967 et février 1969. Au total les valeurs de  $D_1$  se répartissent autour de deux modes, situés vers  $D_1 = 6$  à 9 d'une part,  $D_1 = 22$  à 24 d'autre part. Le tableau XLIV donne les moyennes et variances de  $D_1$  tels que nous avons pu les reconstituer à partir de la figure 50.

Tableau XLIV Caractéristiques des mesures de  $\bar{D}_1$  pour cinq échantillons de la cuvette nord (d'après J. Hopson, 1972).

Lieu (1)	Date	N	Tailles	$\bar{D}_1$	$^2_{D_1}$
Yobé	Novembre 1967	236	210-305	24,459	13,4961
Lac	Septembre 1967	27	210-305	8,611	6,1698
		105	210-305	24,286	16,0416
Yobé	Juillet 1968	52	120-155	22,981	9,6292
Lac	Mai-Juillet 1968	81	15-145	5,803	3,6450
		30	15-145	24,250	10,1940
Chingoa	Février 1969	70	185-205	9,036	8,1602
		93	185-205	23,643	11,4224

- (1) Il s'agit toujours de pêches effectuées soit dans la Yobé, soit dans les eaux libres proches de l'embouchure, à l'exception de l'échantillon de Chingoa, îlot-banc situé à 50 km au nord de l'embouchure de la Yobé.

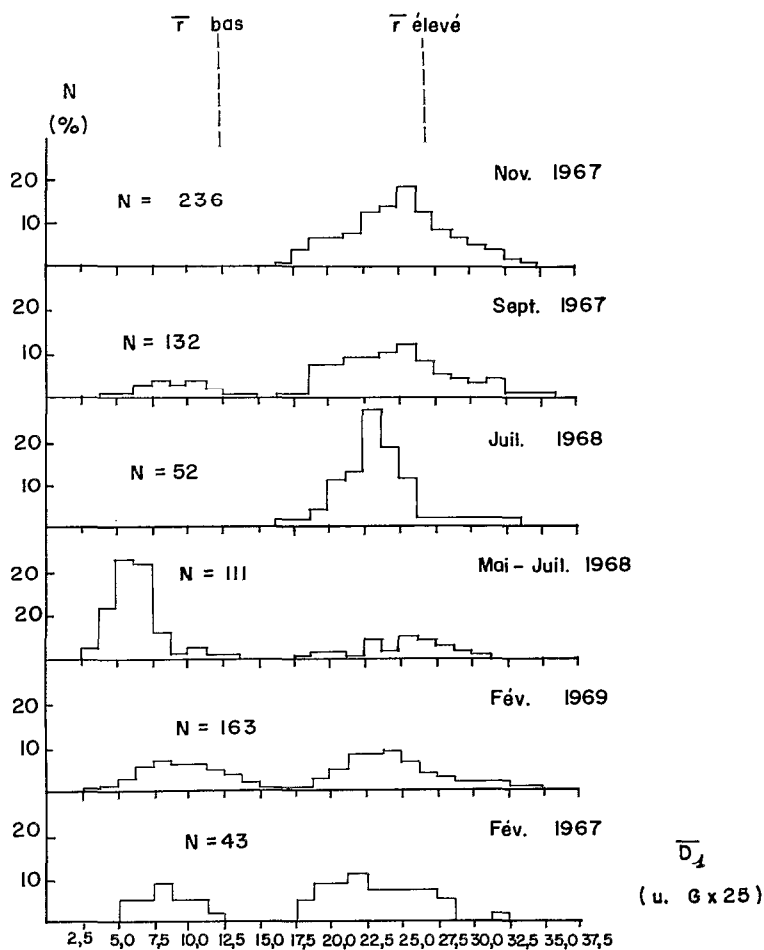


Figure 50

Répartition des distances au premier annulus pour cinq échantillons du nord du lac (d'après J. Hopson, 1972). (L'échantillon de février 1967 correspond à celui figurant dans le tableau XLII).



Les variations des deux paramètres  $\bar{r}$  et  $\bar{D}_1$  ne sont pas indépendantes et J. Hopson a trouvé que, dans la région de Malamfatori, le nombre de rayons à l'anale était toujours plus élevé pour les *Alestes baremose* dont les écailles présentent une grande distance au premier annulus, alors que les valeurs basses du nombre de rayons à l'anale correspondent à des  $\bar{D}_1$  faibles.

On peut enfin remarquer que les variances pour les échantillons d'adultes sont notablement inférieures à celles trouvées dans le système fluvial et, a fortiori, dans l'archipel sud-est.

#### 4 - DISCUSSION ET CONCLUSIONS

##### 4.1 ORIGINE DE LA VARIABILITE DE $\bar{r}$

L'hétérogénéité des valeurs de  $\bar{D}_1$  est directement liée à la reproduction dont l'époque conditionne la durée de la première croissance. Il est en revanche moins facile d'interpréter les variations du nombre moyen de rayons branchus à l'anale.

Il faut distinguer deux phénomènes : l'existence de nombres différents chez les adultes, se répartissant autour de deux moyennes - 23,700 et 24,100 - que l'on retrouve d'une manière très cohérente, d'une part; d'autre part, la mise en évidence de corrélations très nettes entre nombre de rayons branchus et taille à l'intérieure de cohortes de jeunes de première année.

En ce qui concerne les immatures, la variabilité des caractères méristiques a souvent été mise en relation avec divers facteurs de l'environnement dont l'influence se fait sentir pendant le développement embryonnaire et larvaire. Pour la plupart des auteurs, c'est la température qui semble le facteur essentiel. Celle-ci intervient par la durée de la période pendant laquelle l'organisme subit une température donnée au cours de la phase phénocritique (Orska, 1963). Il semble qu'il puisse y avoir corrélation négative ou positive entre température et nombre de rayons à l'anale suivant la valeur des températures. En fait, le nombre de rayons pourrait être maximal pour une certaine température et diminuer de part et d'autre de celle-ci. La période de ponte s'étendant de juillet à octobre, la période de sensibilité des larves se situe au cours des mois d'août, septembre et octobre. Durant cette période, la température augmente entre septembre et octobre dans le

Chari (fig.6) alors qu'elle diminue dans le lac. Il faudrait en conclure que dans le système fluvial, étant donnée la corrélation positive entre  $\bar{r}$  et L (fig.45), la corrélation entre  $\bar{r}$  et température est négative. On obtient un résultat analogue dans le lac, puisque évolution des températures et corrélation taille - nombre de rayons, sont en général, inversées (fig. 6 et fig.46). On peut donc maintenir l'hypothèse du rôle de la température qui introduirait une variation phénotypique du nombre de rayons, et qui expliquerait la variabilité des valeurs trouvées pour les jeunes d'une année à l'autre en fonction des variations climatiques interannuelles.

Quoi qu'il en soit, il existe une autre source de variation non liée à l'environnement puisque les adultes offrent deux groupes de valeurs distinctes - 23,700 et 24,100 - et ne présentent plus de corrélation avec la taille. Cette variation serait alors génotypique, et les populations correspondantes caractérisées par un comportement de reproduction distinct.

#### 4.2 POPULATIONS ET MIGRATIONS (1966-1970)

Bien que certaines observations soient trop fragmentaires, on peut élaborer un schéma général tenant compte des résultats connus pour la reproduction et le cycle de condition.

Dans le système fluvial, les valeurs de  $\bar{r}$  restent basses jusqu'à la fin des mois de juillet (23,600 à 23,750). Elles augmentent ensuite pour atteindre des valeurs voisines de 24,100 en août et septembre. La distance moyenne au premier annulus reste élevée à toutes les époques et dans toutes les stations du système fluvial : de l'ordre de 22 à 26 en moyenne, ce qui correspond à des tailles moyennes au premier arrêt de croissance de 80 à 90 mm. Il ne semble pas y avoir d'évolution significative de  $\bar{D}_1$  au cours d'un cycle annuel. Dans la suite du texte, A désignera les poissons appartenant au groupe pour lesquels  $\bar{r}$  est voisin de 23,700 et  $\bar{D}_1$  de l'ordre de 22 à 26; B ceux du groupe pour lequel  $\bar{r}$  est voisin de 24,100 et  $\bar{D}_1$  aussi de l'ordre de 22 à 26.

Les biefs inférieurs des fleuves n'offrent pratiquement aucune source de nourriture tant que le lit majeur et les zones inondées ne sont pas envahies par les eaux vers la fin du mois d'août. Cependant, tous les poissons pêchés à l'entrée du système fluvial sont en excellente condition, qu'ils appartiennent au groupe A ou B. Ils viennent donc d'entrer dans le système fluvial. Comme le zooplancton, qui constitue la nourriture des *Alestes baremose*, est abondant toute l'année dans le lac Tchad et, en

particulier, dans l'archipel, on peut en conclure que ces deux populations proviennent du lac. Cette interprétation est corroborée par des échosondages faits en mai 1971: il y a manifestement au large du delta des concentrations de poissons. Enfin, la pêche locale n'aurait pu se maintenir au haut niveau d'intensité qui était le sien de mai à août, sans un afflux continu de poissons.

Dans la cuvette sud du lac nous ne retrouvons clairement aucun des deux groupes décrits ci-dessus. Si les valeurs de  $\bar{r}$  correspondent bien à celles du groupe A, celles de  $\bar{D}_1$  sont généralement un peu inférieures. Quant au groupe B, il semble qu'il soit absent normalement de la cuvette sud, puisque les divers échantillons ont toujours des valeurs de  $\bar{r}$  faibles.

Les résultats de la cuvette nord (ou plutôt de la bordure ouest de celle-ci) permettent de comprendre à la fois les résultats du système fluvial et ceux de la cuvette sud. A l'évidence le groupe décrit par J. Hopson ayant à la fois un nombre de rayons branchus à l'anale et une distance au premier annulus élevés, est le même que la population B du système fluvial. Celle-ci proviendrait donc de la cuvette nord et gagnerait le Chari pour y effectuer une migration de reproduction légèrement plus tardive que celle du groupe A. Nous appellerons C la population décrite par J. Hopson pour la cuvette nord et caractérisée par 23,700 rayons à l'anale en moyenne et des valeurs de  $\bar{D}_1$  très basses (6 à 9). Cette population semble strictement lacustre puisqu'elle n'apparaît ni dans la Yobé ni dans le Chari. Il est par contre probable qu'elle colonise les zones d'archipel du lac, car sa présence dans l'archipel sud-est à certaines époques, expliquerait les résultats trouvés à Bol pour  $\bar{D}_1$ . En effet les valeurs de  $\bar{D}_1$  sont compatibles avec celles du système fluvial pour certains échantillons; pour les autres, l'augmentation des variances pourrait correspondre à l'irruption de poissons de la population C entraînant l'augmentation des variances de  $\bar{D}_1$  et la diminution des valeurs de  $\bar{D}_1$  (tableau XLII). Il s'ensuivrait que la population A, pêchée dans le système fluvial une bonne partie de l'année proviendrait, au moins en partie, de l'archipel de la cuvette sud (il est tout à fait probable qu'elle ait été présente dans l'archipel nord-est, mais aucune pêche n'y a été effectuée avant 1971).

Nous nous trouvons donc devant trois populations dont l'existence était probable avant 1971 (fig.51) :

- Population A :  $\bar{r}$  # 23,700 et  $\bar{D}_1$  # 22 à 25, groupe fluvio-lacustre présent dans l'archipel sud-est et effectuant une migration de reproduction assez précoce dans le système fluvial;
- Population B :  $\bar{r}$  # 24,100 et  $\bar{D}_1$  # 22 à 25, groupe fluvio-lacustre présent dans la cuvette nord du lac et effectuant une migration de reproduction dans le système fluvial plus tardive que le groupe A;

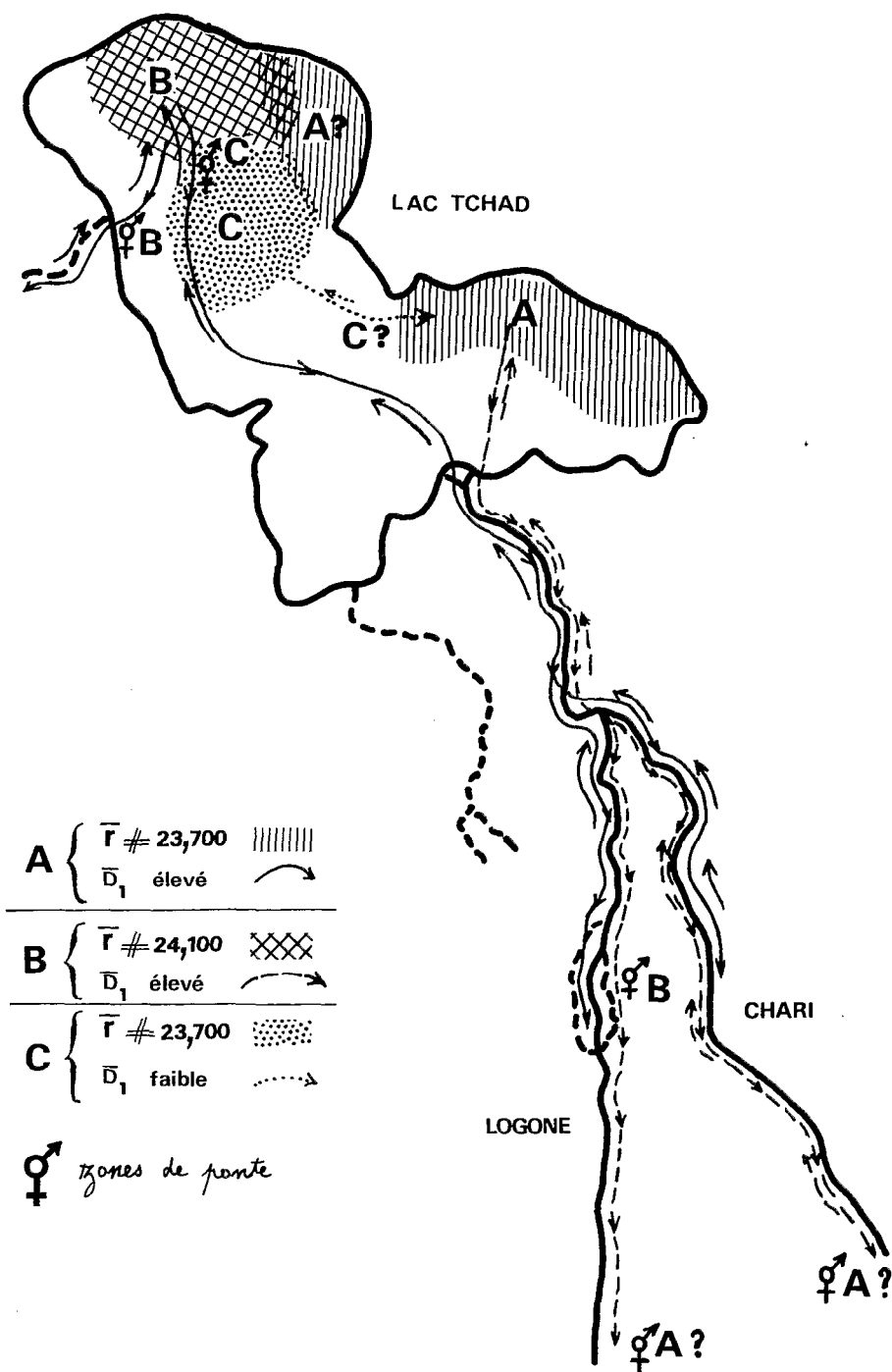


Figure 51 Les trois populations probables d'*Alestes baremoze* avant la baisse du lac (1966-1970). Les flèches en tiretées correspondent à des migrations hypothétiques.

Population C :  $\bar{r}$  # 23,700 et  $\bar{D}_1$  de 6 à 12; groupe lacustre présent dans la cuvette nord du lac et rencontré aussi sporadiquement en mélange avec A dans l'archipel sud-est.

La figure 51 résume les migrations probables et hypothétiques de chacun de ces trois groupes. Il s'agit là d'un schéma qu'il conviendrait de beaucoup nuancer - en tenant compte en particulier de ce que l'on sait sur la reproduction. Tout d'abord on sait qu'il y a des reproductions lacustres partielles des populations B (à l'embouchure de la Yobé en juillet) et A (dans l'archipel sud-est en août-septembre). Par ailleurs, la distance au premier annulus, très faible dans la population C, implique une naissance très tardive - en octobre - qui tranche avec tout ce que l'on sait sur l'espèce (cf chapitre III). Enfin, il serait intéressant de savoir quel est le comportement des populations A et B lors de la reproduction dans le système fluvial, puisque les valeurs analogues de  $\bar{D}_1$  impliquent des naissances concomitantes. A cet effet, nous avons effectué l'analyse des valeurs de  $\bar{r}$  par stade de maturation : nous avons considéré d'une part les femelles 4 (en maturation avancée, d'autre part, les femelles 6 et 7 (épuisées ou en deuxième maturation après la ponte). Les échantillons de femelles 4 présentent des valeurs  $\bar{r}$ , identiques en 1967 et 1969, et intermédiaires entre les valeurs correspondant aux populations A et B. C'est donc un indice de la présence probable de femelles en maturation avancée appartenant aux deux groupes. Pour les femelles 6, par contre les valeurs trouvées sont élevées et correspondent à la population B. Ceci permet d'avancer l'hypothèse suivante : les individus du groupe A, qui entrent tôt dans le système fluvial, poursuivraient leur migration plus loin que ceux du groupe B et se reproduiraient en amont de la zone prospectée, ce qui expliquerait que l'on n'y trouve pas d'individus de ce groupe en septembre.

Ajoutons, pour compléter le schéma de migration, que les alevins nés dans la région du Logomatia où se trouvent des frayères importantes, sont entraînés par le courant et gagnent la zone inondée du Nord-Cameroun. La plus grande partie d'entre eux quittent la zone inondée en empruntant l'El Beïd et arrivent ainsi directement au lac Tchad. Ils séjournent dans ce dernier entre quatre mois (époque du premier arrêt de croissance) et 18 ou 30 mois (début de la première maturation avant la première ponte à deux ou trois ans, suivant l'état du lac, cf chapitre trois).

A partir de 1971, l'accentuation de la baisse du lac bouleverse le schéma établi dans le cas du lac moyen. On peut retenir deux observations : en 1971-1972 les valeurs de  $\bar{r}$  au delta sont restées constamment basses; dans la cuvette nord - et particulièrement dans l'archipel sud-est - en 1973 et 1974 les valeurs de  $\bar{r}$  étaient hétérogènes et le plus souvent intermédiaires entre les moyennes caractéristiques des populations A et B. On peut penser que la cuvette nord était devenue le refuge de l'ensemble des *Alestes baremoze*,

hypothèse corroborée par les tonnages importants pêchés en 1973 et 1974 (chapitre VI).

Dans la suite de ce travail nous considererons globalement les populations A et B pour lesquelles les valeurs de  $\overline{D}_1$  sont très comparables et admettrons que la population C (qui n'apparaît pratiquement pas dans nos échantillons) est d'importance minime par rapport aux deux autres.

## *Chapitre VI*

### **APERÇUS SUR L'ÉVOLUTION DU STOCK D'ALESTES BAREMOZE ENTRE 1966 ET 1976**

L'évolution du stock entre 1966 et 1976 est le résultat de plusieurs facteurs qui ne sont pas indépendants les uns des autres. Le trait le plus marquant de cette période est la sécheresse dans le Sahel, perceptible bien avant les crues très déficitaires de 1972 et 1973, qui retentit sur la biologie de l'espèce et sur l'importance du stock. Le second fait important est l'intensification de la pêche. Il est certain que celle-ci se serait produite aussi dans le contexte d'un milieu aquatique stable. L'intérêt grandissant porté aux ressources ichtyologiques et l'introduction de techniques de pêche plus efficaces ont en effet pour résultat une baisse des prises par unité d'effort et, dès que l'effort total devient excessif, une baisse des captures totales. L'image donnée par les estimations de prises, relatives et absolues, correspond donc à l'interaction de plusieurs phénomènes qu'il devrait être a priori assez difficile de dissocier.

Pour étudier ou illustrer cette évolution du stock, nous avons choisi de montrer l'évolution des tailles des *Alestes baremoze* capturés à

la senne de rivage, ainsi que celle des prises par unité d'effort des filets maillants expérimentaux et locaux. Par ailleurs, nous disposons depuis juillet 1969 de statistiques globales sur les quantités de salanga (*Alestes baremoze* et *Alestes dentex*) commercialisées au Nord-Nigéria. L'effort total de pêche reste le paramètre le plus difficile à appréhender dans ces pêcheries artisanales et son estimation directe n'a pas été tentée (1).

## 1 - EVOLUTION DES STRUCTURES DE TAILLES ET DES PRISES PAR UNITÉ D'EFFORT

### 1.1 STRUCTURES DE TAILLE (Senne de rivage)

Pour illustrer l'évolution des structures de taille, nous disposons des mensurations effectuées sur les *Alestes baremoze* capturés lors de 235 coups de senne. Cet engin capture les *Alestes* à partir de 110 à 140 mm et on peut estimer qu'il n'y a plus de biais à partir de 150 mm (cf chapitre II). Entre 1966 et 1974, la senne a été utilisée dans deux grandes régions, bas système fluvial (de Maïlao sur le Chari et Logone-Gana sur le Logone au delta) et l'archipel sud-est (Bol et Lafia). Les deux ensembles de données correspondants ont été traités séparément et sont présentés dans les tableaux XLV et XLVI. Les prises (mâles et femelles réunis) ont été exprimées par classe de taille de 10 mm et par hectare (2).

Nous avons choisi ici l'analyse des correspondances, car cette méthode ne nécessite pas de normalisation préalable des variables et présente l'avantage d'établir une relation directe entre stations et classes de taille. Nous verrons qu'il n'était pas indispensable d'employer ici une méthode aussi sophistiquée, cependant elle permet une présentation synthétique des résultats, une station étant d'autant plus proche d'une classe de taille que celle-ci a d'importance dans son profil et inversement.

---

(1) La seule étude faite à ce jour est celle de Loubens (1973), suivi de Quensièrre (1976) qui a tout à la fois proposé des méthodes d'estimation et permis de calculer les principaux paramètres de pêcheries d'un bief du delta du Chari entre 1971 et 1973.

(2) Pour obtenir des effectifs suffisants, nous avons regroupé deux à deux les classes de 5 mm voisines, d'où les tailles médianes inusitées indiquées dans les tableaux XLV et XLVI.



### 1.11 Evolution des tailles dans le système fluvial

Les onze relevées, rangées par ordre chronologique dans le tableau XLV couvrent essentiellement deux époques : 1966-67 (relevés 1 à 4) et 1973-74 (relevés 6 à 11). Avant même de recourir à l'analyse, la répartition des effectifs dans le tableau XLV fait pressentir l'ampleur des changements intervenus. Les pourcentages d'inertie extraits pour les trois premiers axes sont respectivement de 70,33/13,82 et 11,48. Le cumul des trois représente 95,63% du total et il est donc inutile d'aller au-delà. Il est même suffisant ici de ne considérer que les deux premiers axes qui correspondent à plus de 80% de l'inertie totale.

La figure 52a représente la projection, dans le plan des deux premiers axes, des points représentatifs des stations et des classes de taille. On voit immédiatement que le premier axe correspond à l'évolution des tailles entre 1966 et 1974 avec trois groupes de points : classes 140 à 190 dominantes au delta en 1973 et 1974 (relevés 6 à 11); classes 240 à 290 dominantes dans le fleuve amont en 1966 et 1967 (relevés 1, 3 et 4); classes intermédiaires 200 à 230 mm, peu abondantes ou présentes à la fois en 1966-69 et 1973-74. Deux relevés ont aussi une position intermédiaire : le 2 (auquel il ne faut pas accorder de signification, car les contributions aux deux premiers axes sont minimes), et le 5 (1970) où les tailles de 190 à 240 mm dominant effectivement (tableau XLV). Nous n'avons pas jugé utile de donner ici la projection des points dans le plan des axes 1 et 3: l'axe 3 correspond à un classement des relevés où les petites tailles dominent en fonction des variations saisonnières.

Les pêches expérimentales effectuées avec des filets maillants montrent qu'en 1966-67, les structures de tailles au delta étaient tout à fait analogues à celles que l'on trouve en amont. Nous n'avons pas de données sur les tailles d'*Alestes* en amont du confluent en 1973-74, mais il est très probable qu'ils devaient être rares et avoir des tailles analogues à celles du delta. Il y a donc eu dans le système fluvial modification profonde entre 1967 et 1973: les prises étaient constituées de poissons de plus de trois ans en 1966-67 (aussi bien en amont qu'en aval de N'Djamena) alors qu'en 1973-74 on ne pêchait plus qu'au delta et des poissons dans leur troisième année, sinon dans leur deuxième.

Tableau XLV Pêches à la senne dans le système fluvial : prises  
par unité d'effort d'*Alestes baremose* (en nombre/  
classe de 10 mm/ hectare).

M = Maïlao; L.G = Logone-Gana; D = Djimtilo; H = Hadidé.

Relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lieu	M	M	M	L.G	M	D-H	D	H	D-H	M	H
Date	8/66	4/67	6/67	7/67	8/70	4/73	5/73	6/73	7/73	2/74	6/74
122,5							0,2			0,5	
132,5							0,2			0,5	
142,5				0,6	0,2	0,3	2,1	0,4		0,8	3,2
152,5		0,4	0,6		0,5	7,0	7,7	4,2	2,2	1,9	11,2
162,5	0,3	1,0	0,8	0,6	1,1	18,4	15,1	16,2	6,0	4,3	14,4
172,5	0,3	2,3	1,5	1,2	2,0	25,7	10,5	9,5	6,0	17,2	51,2
182,5	1,2	2,7	2,4	2,4	6,4	21,1	9,3	7,3	2,8	28,1	99,9
192,5	2,4	2,1	2,2	0,6	12,4	14,1	5,3	5,2	2,2	13,1	54,4
202,5	4,2	0,8	1,4		20,8	4,6	1,9	1,8	1,7	4,8	14,4
212,5	9,1	1,6	2,2	2,4	18,9	3,8	2,8	1,0	0,4	3,7	3,2
222,5	23,3	3,5	3,5	6,7	35,9	0,8	0,9	0,3	0,4	0,5	
232,5	39,4	3,8	6,7	10,9	41,8	0,5	0,5	0,1		0,5	
242,5	42,4	2,1	5,3	7,3	21,2			0,1			
252,5	32,1	1,4	2,8	6,7	10,0		0,2				
262,5	64,5	0,6	3,2	6,1	5,9				0,4		
272,5	44,8	1,4	3,9	6,7	3,5						
282,5	21,5	1,4	2,7	7,3	3,2						
292,5	5,1	0,1	1,3	2,4	2,1						
302,5	0,9	0,3	0,4		0,9						
312,5	0,6				0,5						
322,5					0,2						
Total	292,1	25,6	40,9	61,9	187,5	96,3	56,7	46,1	22,1	75,9	251,9

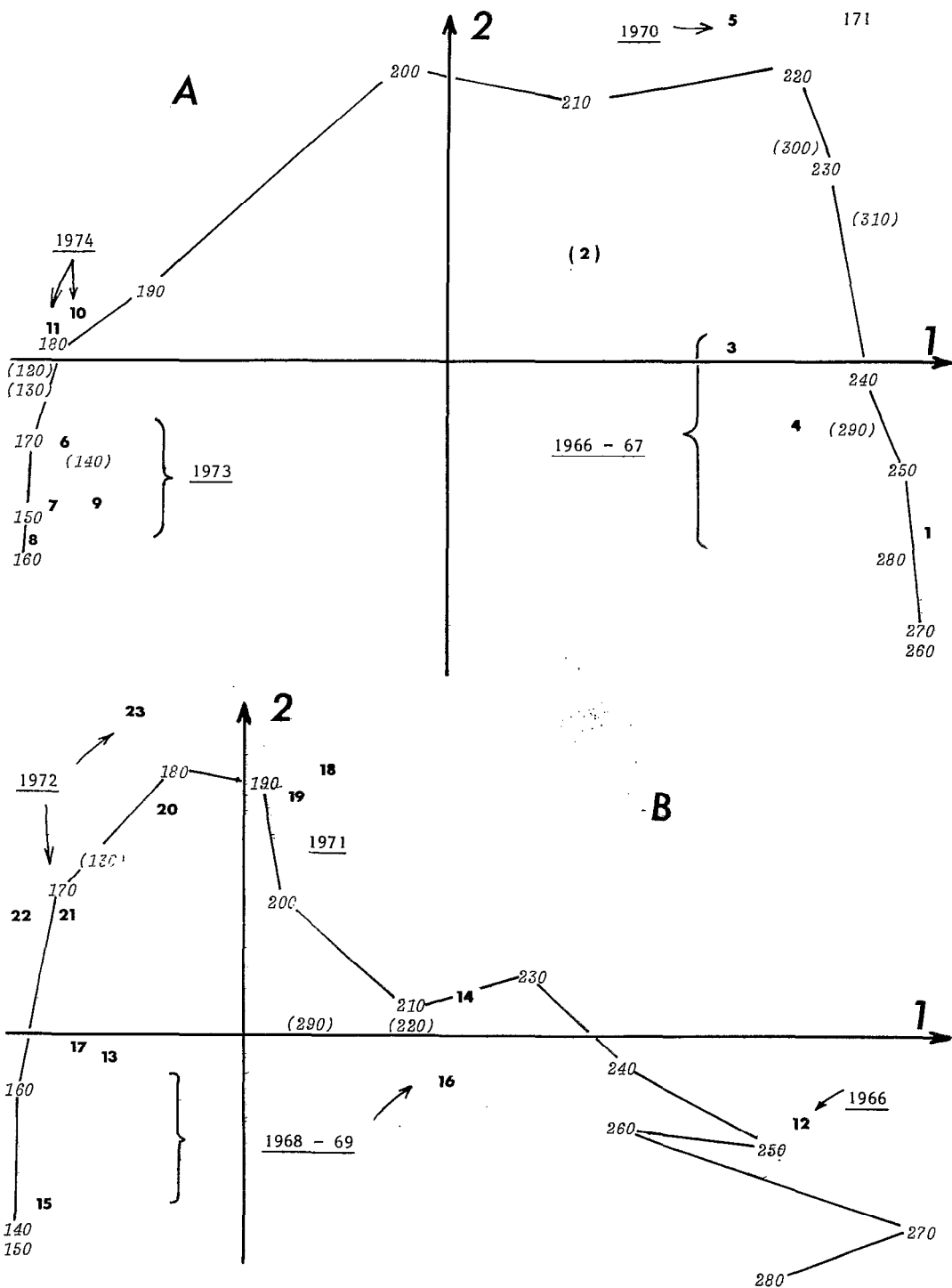


Figure 52

Analyse des correspondances. Pêches à la senne de rivage : projection des points représentatifs des relevés et des classes de taille dans le plan des axes 1 et 2. Les points correspondants à des contributions faibles aux deux axes sont mis entre parenthèses. A : système fluvial (1966-1974); B: archipel sud-est (1966-1972).

### 1.12 Evolution des tailles dans l'archipel sud-est

Les douze relevés, numérotés de 12 à 23 et rangés par ordre chronologique dans le tableau XLVI correspondent à une période plus restreinte : 1966 et surtout 1968 à 1972. Les pourcentages d'inertie extraits pour les trois premiers axes (59,27/19,71/9,48%) représentent 88,46% du total. Comme dans le système fluvial, le premier axe extrait un pourcentage très notable de l'inertie totale, mais le deuxième axe est relativement plus important, et le troisième relativement secondaire.

Les points représentatifs des classes de taille ont une répartition analogue à leurs homologues du système fluvial dans le plan des axes 1 et 2 (fig.52B). Là aussi le premier axe traduit l'évolution des tailles avec une dominance des classes 240 à 270 en 1966, évolution vers des relevés composites en 1968 et 1969 (1), (classes 230 à 200), et enfin présence presque exclusive d'*Alestes* de seconde année en 1971-72 (relevés 18 à 23, classes 160 à 190).

Nous essayerons de tirer des conclusions de cette esquisse rapide après avoir exposé ce que nous savons des prises d'*Alestes* par unité d'effort entre 1966 et 1976.

## 1.2 *EVOLUTION DES PRISES PAR UNITE D'EFFORT DES FILETS MAILLANTS*

Il nous faut à nouveau souligner qu'à plusieurs points de vue, les données dont nous disposons sont partielles et incomplètes. Il aurait fallu, dans le meilleur des cas, suivre les pêches locales pendant plusieurs années en plusieurs stations, ce que nos moyens ne nous ont pas permis. Nous verrons néanmoins qu'en s'aidant des données expérimentales, on arrive à une description relativement satisfaisante dans la mesure où les phénomènes apparus entre 1966 et 1976 ont été particulièrement nets, dans la mesure aussi

---

(1) Les relevés 13 et 15, effectués en septembre 1968, indiquent une dominance très nette des classes 150 à 165. Il y a sans doute eu là un biais d'échantillonnage lié à la répartition des diverses classes d'âge car des pêches expérimentales concomitantes (filets maillants) ont permis des captures relativement élevées d'*Alestes* mesurant de 190 à 230 mm.

Tableau XLVI Pêches à la senne dans l'archipel sud-est (Boi ou Lafia) : prises par unité d'effort d'*Aleste baremoze* (en nombre/classe de 10 mm/hectare).

Relevé	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Date	10/66	8/68	8/68	9/68	11/68	8/69	6/71	7-8/71	10-12/71	1-2/72	3-5/72	8-9/72
132,5				0,1	0,1				0,1	0,2		
142,5		0,4	0,9	6,3	0,4	1,0		0,1	0,4	1,0	0,4	
152,5		14,2	5,2	37,7	2,2	6,0	0,2	1,4	0,8	4,0	2,8	0,8
162,5		16,5	5,2	26,7	1,3	8,1	1,1	1,2	1,9	2,8	2,8	5,2
172,5		6,9	2,7	9,8	1,3	3,1	1,1	2,0	1,4	3,5	2,4	5,8
182,5	0,8	3,0	3,3	4,7	0,9	1,2	0,9	2,8	1,4	3,5	2,4	5,2
192,5	2,5	3,0	3,3	3,4	0,6	1,4	1,1	2,8	2,0	1,6	1,0	4,2
202,5	4,2	5,7	4,8	4,9	0,7	3,1	1,9	2,6	1,2	2,0	0,9	3,3
212,5	8,3	5,7	7,3	5,9	2,7	3,6	1,7	2,6	0,7	1,4	0,8	1,9
222,5	4,2	4,1	7,6	5,2	3,1	1,9	0,4	2,0	0,6	0,8	0,4	1,0
232,5	5,0	1,2	9,4	2,0	1,2	1,4	0,9	1,7	0,5	0,1		0,6
242,5	7,5	1,6	9,7	2,1	1,3	0,2	0,2	0,8	0,3	0,3	0,1	0,6
252,5	8,3	0,6	3,9	1,7	1,2	0,2	0,2	0,5	0,1	0,1		0,2
262,5	2,5	0,8	3,0	1,0	0,3		0,4					
272,5	8,3	0,8	0,6	0,5	1,3		0,2	0,1				
282,5	1,7	0,2	0,3	0,5	0,4							
292,5			0,3	0,2					0,1			
302,5							0,2					
Total	53,3	64,7	67,5	112,7	19,0	31,2	10,5	20,6	11,5	21,3	14,0	28,8

où nous ne prétendons pas dresser un bilan quantitatif des prises par unité d'effort.

Nous ne nous intéresserons ici qu'aux filets susceptibles de capturer des adultes, soit essentiellement le FM 30 pour les pêches expérimentales et le FM 28,5 pour les pêches locales. Il sera fait occasionnellement appel aux résultats des FM 22 à 25 et 35-40 (1). Nous considérerons successivement le système fluvial, l'archipel sud-est et la cuvette nord.

### 1.21 Système fluvial

Deux séries de données peuvent être utilisées pour l'étude des prises par unité d'effort dans le système fluvial :

- pêches expérimentales en 1966-67 à Logone-Gana, Maïlao et Djimtilo;
- pêches expérimentales et observations sur les pêches locales de 1971 à 1976 au delta.

Nous n'avons tenu compte ici que de pêches aux filets dérivants, les filets dormants étant, d'une manière générale, moins représentatifs pour le système fluvial. La figure 53 récapitule les valeurs moyennes obtenues dans le système fluvial.

#### 1.211 Le système fluvial en 1966 - 67

Des pêches expérimentales ont été réalisées à Maïlao, Logone-Gana et Djimtilo. Il s'agit d'observations ponctuelles, effectuées lors de stations de quelques jours, qui visaient au début de l'étude, à définir les variations d'abondance de l'espèce tout en estimant les principaux paramètres biologiques. Les prises par unité d'effort moyennes correspondent donc à des échantillons réduits, de quelques heures de dérive du FM 30 (Durand, Franc et Loubens, 1972).

Pour les stations en amont, les prises par unité d'effort ont été pratiquement négligeables pendant huit mois sur douze, de septembre à avril, soit durant les hautes eaux, la décrue et la plus grande partie de l'étiage. A la fin de l'étiage et pendant la crue, les prises étaient importantes, de l'ordre de 3 à 5 kg/100 m<sup>2</sup>/heure.

Au delta, l'allure des variations est différente (fig.53) avec

---

(1) Les FM 35 et 40 ne capturent que des femelles (cf chapitre VII).

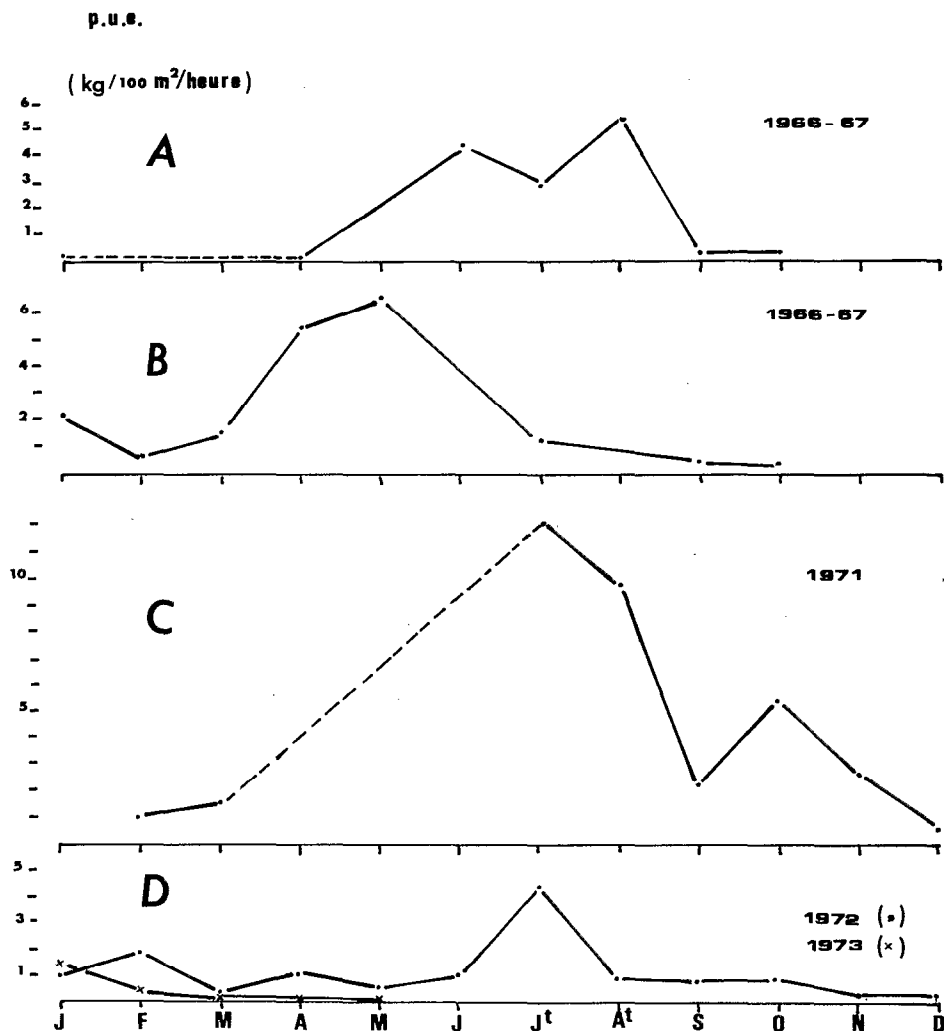


Figure 53

Prises par unité d'effort moyennes d'*Alestes baremoze* aux filets dérivants dans le système fluvial (kg/100m<sup>2</sup>/heure de dérive).  
A et B : pêches expérimentales au FM 30 (A: Maïlao et Logone-Gana; B: Djimtilo). C et D : pêches expérimentales et locales au FM 28,5 (C: 1971; D: 1972-1973).

des prises par unité d'effort notables en avril et mai et des captures plus faibles mais encore appréciables en janvier, mars et juillet. Ce décalage des variations saisonnières correspond aux migrations de reproduction des adultes qui envahissent lentement la zone deltaïque et n'atteignent les zones de ponte en amont que deux mois plus tard en moyenne. Les résultats publiés par le Centre Technique Forestier Tropical (1966) pour des pêches expérimentales périodiques ayant eu lieu en 1965 dans la cuvette sud, confirment ce mouvement d'ensemble : les captures sont très élevées en mai et juillet dans deux stations au large du delta et faibles pendant tout le reste du cycle annuel.

#### 1.212 Le delta de 1971 à 1974

Une équipe permanente de pêche a été installée à Djimtilo de février 1971 à décembre 1972. Les observations expérimentales ont régulièrement continué ensuite jusqu'en 1974. Parallèlement était entreprise une étude méthodologique sur les pêches locales dans le bief principal de la branche nord du delta du Chari (observations de Loubens de juillet 1971 à juillet 1972, puis de Quensièrè de septembre 1972 à décembre 1973). Ces estimations de prises par unité d'effort sont les plus fiables dont nous disposons puisqu'elles ont été obtenues à partir d'observations nombreuses et pondérées dans le cadre d'une étude effectuée en continu pendant plus de deux ans.

Les données expérimentales obtenues par l'équipe de pêche correspondent au FM 30 et au FM 28,5 local. Le filet local à toujours mieux pêché que le FM 30 (tableau XLVII). La comparaison des prises totales des deux filets entre février 1971 et décembre 1972, donne des p.u.e. moyennes de 0,43 pour le FM 30 et 1,11 pour le FM 28,5, soit des prises 2,6 fois plus importantes pour ce dernier. Bien que le rendement du FM 28,5 utilisé dans le cadre de l'équipe permanente soit nettement plus élevé que celui du FM 30, il reste notablement inférieur à celui des filets locaux. En ne tenant compte que des mois où des observations simultanées ont été effectuées, la moyenne des p.u.e. moyennes pour les pêches locales s'établit à 5,2 kg, soit 4,7 fois plus que le FM 28,5 de l'équipe. Même en ne tenant pas compte des prises exceptionnelles de juillet et août dans les pêches locales (tableau XLVII), celles-ci gardent un rendement triple de celui des pêches de l'équipe avec ce même FM 28,5. Il ne suffit donc pas d'utiliser un engin strictement identique pour que les résultats soient comparables. Suivre un protocole relativement rigide exigeant de faire des pêches au même endroit, aux mêmes



Tableau XLVII Prises par unité d'effort mensuelles moyennes d'*Alestes baremose* au delta (kg/100 m<sup>2</sup>/heure de dérive) de 1971 à 1973.

A = pêches locales aux FM 28,5 (Loubens, 1973 et Quensièrre, 1976); B et C = équipe de pêche (données expérimentales d'après Franc, 1975), B = FM 28,5 local, C = FM 30.

		J	F	M	A	M	J	J <sup>t</sup>	A <sup>t</sup>	S	O	N	D
1971	A							22,4	16,1	3,7	9,8	4,3	0,6
	B		1,0	1,5				2,0	3,4	0,9	1,0	0,7	0,4
	C		0,4	0,9				1,7		0,4	0,4	0,2	0,3
1972	A	1,0	2,5	0,2	1,0	0,5	1,1	4,3		0,6	0,9	0,2	0,4
	B	1,0	1,4						0,9	1,0	0,9	0,3	0,2
	C	0,1	0,5						0,2	0,4	0,4	0,1	0
1973	A	1,4	0,2	0,1	ε	ε	0	0	0	0	0	0	0

heures, avec un effort égal quel que soit le rendement, introduit un biais considérable (1). Si l'on tient compte de l'écart entre les efficacités les FM 28,5 et 30 et du biais entre les pêches expérimentales et les pêches locales au FM 28,5, on doit conclure que les captures du FM 30 expérimental en dérive sont sept à douze fois inférieures en moyenne à celles des FM 28,5 locaux utilisés dans les conditions traditionnelles de pêche. Ce type de résultat exclut pratiquement, dans le cas présent, l'utilisation des seules données expérimentales pour les estimations quantitatives. D'autre part, si l'on revient aux résultats commentés ci-dessus pour 1966-67 on s'aperçoit que les captures réalisées entre avril et août dans le système fluvial - p.u.e. de 3 à 5 kg en moyenne - à l'aide du FM 30, correspondent à des p.u.e. probables pour les pêcheries locales de 20 à 60 kg pour 100 m<sup>2</sup>/heure de dérive.

La répartition annuelle des points correspondants est indiquée sur la figure 53. En 1971, les p.u.e. sont très élevées en juillet et août :

(1) Le fait que les pêcheurs locaux n'aient pas toujours bien accepté que nous insérions nos filets parmi les leurs a aussi joué un rôle important.

il est difficile de dire, faute de données en 1969-70 et début 1971 s'il s'agit là d'une évolution entre 1966-67 et 1971. En effet les valeurs obtenues au FM 30 en juillet 1966 - 1,3 kg en moyenne - ne sont pas directement comparables. D'après ce que nous venons de voir ci-dessus, ces valeurs doivent être multipliées par sept à douze pour pouvoir être comparées aux p.u.e. des pêcheries locales du delta, ce qui nous donne une fourchette de 9 à 16 kg/100 m<sup>2</sup>/heure. Deux hypothèses peuvent être avancées ; ou bien les données manquantes d'avril à juin 1971 représentent la période d'abondance maximale, ou bien il y a eu décalage des passages au delta. Dans la première hypothèse - en tenant compte d'intervalles de confiance larges et de la variabilité interannuelle - les p.u.e. auraient été du même ordre en 1966 et 1971; dans la seconde, il y aurait eu au contraire très nette diminution des p.u.e. entre 1967 et 1971. C'est cette dernière hypothèse qui nous paraît la plus probable : d'une part les prises des FM dormants d'avril à juin 1971 ont été médiocres et incompatibles avec une abondance comparable à celle de 1966-67, d'autre part, en 1972, en dehors du mois de juillet, où la p.u.e. accuse une légère augmentation, les captures ne dépassent guère 1 kg. De février à mai 1973, l'espèce n'est plus pêchée qu'épisodiquement pour disparaître ensuite complètement des prises des FM 28,5 et 30 (fig.53).

## 1.22 Archipel sud-est

Toutes les données disponibles dans cette région du lac sont expérimentales, aucune activité de pêche aux *Alestes* ne s'étant développée entre 1966 et 1974. Là aussi les données on tout d'abord été obtenues lors de tournées épisodiques à Bol de 1966 à 1969 puis à Lafia dans le cadre d'une équipe permanente de pêche d'avril 1971 à avril 1973. A partir de juin 1973, la baisse du lac nous a obligé à déplacer la station vers Bol, où des observations périodiques ont continué jusqu'en 1976. Les prises par unité d'effort ont été publiées localement (Durand, Franc et Loubens, 1972; Benech et al., 1974). S'agissant du FM 30 dormant les p.u.e. sont exprimées en kg/100 m<sup>2</sup>/ nuit de pose : dans la plupart des cas les captures diurnes sont négligeables.

La figure 54 rassemble l'essentiel des données obtenues pour le FM 30. En 1966, les captures sont maximales de janvier à avril et les p.u.e. élevées (1).

(1) Là aussi les données du C.T.F.T. (1966) confirment les nôtres (fig.54). La station 3 du C.T.F.T. n'est pas exactement comparable puisque située dans l'archipel est, cependant l'analogie est nette : baisse des p.u.e. de février-avril à août-octobre. Les valeurs plus élevées (jusqu'à 20kg/100m<sup>2</sup>/nuit) ne signifient pas nécessairement une évolution entre 1965 et 1966-67, de même que la densité encore importante d'*Alestes* en août-octobre est peut-être une caractéristique de l'archipel est.

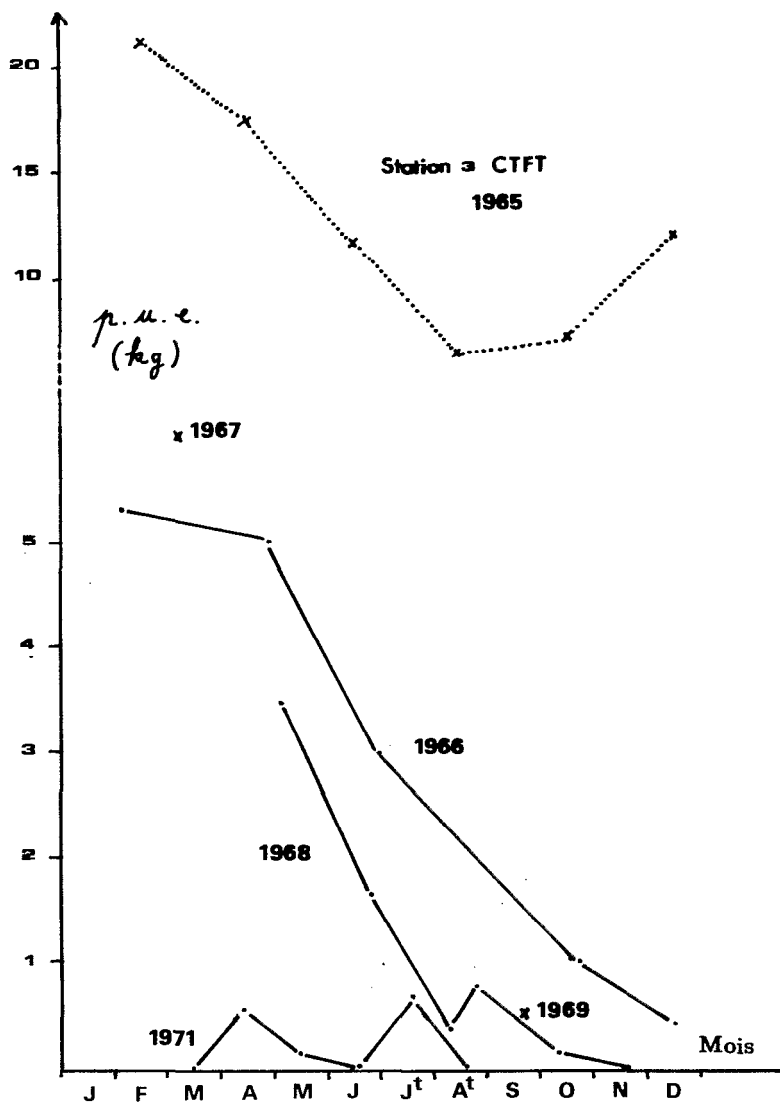


Figure 54 Prises par unité d'effort d'*Alestes baremoze* dans l'archipel sud-est (FM 30, kg/100 m<sup>2</sup>/nuît de pose). Les p.u.e. sont toujours nulles à partir de janvier 1972. Le pointillé représente l'évolution des p.u.e. à la station 3 du CTFT (archipel est, *Alestes dentex* et *Alestes baremoze* réunis).

A partir de mai les p.u.e. diminuent progressivement jusqu'à 0,5 kg en décembre, soit dix fois moins qu'au début de l'année. On retrouve la même évolution en 1968, à un niveau toutefois inférieur, les p.u.e. passant de 3,31 kg début mai à des prises nulles en novembre. Les deux valeurs de février-mars 1967 (5,86 kg) et septembre 1969 (0,57) sont en bon accord avec cet ensemble. Il y a donc à la fois cycle saisonnier et diminution interannuelle des prises. Le cycle saisonnier correspond au départ progressif des adultes vers le système fluvial à partir d'avril-mai pour leur migration de reproduction. Les variations interannuelles correspondent à une disparition progressive des *Alestes baremoze* adultes de l'archipel sud-est : en 1971 les captures deviennent pratiquement négligeables (fig.54) et à partir d'août 1971 plus un seul *Alestes baremoze* adulte n'est capturé dans l'archipel sud-est. Les filets maillants de maille voisine 25,35 et 40 confirment cette disparition des *Alestes* adultes de l'archipel. Quant aux prématures de deuxième et troisième année, la variabilité des captures est très forte : les p.u.e. des FM 20 et 22 restent du même ordre entre 1966 et 1974.

### 1.23 Cuvette nord du lac

Si l'on excepte les pêches à la senne dans la rivière Yobé de 1967 à 1969, on ne dispose pratiquement d'aucune observation pour la période 1966-70 dans la cuvette nord. Les pêches locales étaient elles-mêmes orientées vers la capture de poissons de grande taille (*Lates niloticus*, *Labeo coubie*, *Heterotis niloticus*, *Citharinus spp.*) et ce n'est qu'à partir de 1971-1972 que les captures de poissons de taille moyenne sont devenues notables. Des pêches expérimentales ont cependant été pratiquées (A.J. Hopson, 1968) entre 1965 et 1967. Les résultats de ces pêches semblent indiquer des densités de poissons considérables ils ne peuvent cependant être utilisés pour les *Alestes baremoze* car les essais de Malamfatori ont été réalisés dans les eaux libres au large de la station, biotope qui, nous l'avons vu, n'offre jamais de densités appréciables d'*Alestes*.

Nos observations n'ont commencé qu'en 1971 dans cette région du lac (Benech et Franc, 1975a). La série de pêches réalisée en janvier 1971 en onze stations différentes (fig. 55 et tableau XLVIII) permet plusieurs constatations : tout d'abord, il existait un gradient d'abondance net depuis les eaux libres dans lesquelles on ne trouve pratiquement pas d'*Alestes baremoze* (stations 1, 2, 11) jusqu'aux zones d'archipel (stations 6, 7, 8, 10) où les p.u.e. moyennes des FM 25, 30 et 35 réunis dépassent 5 kg, en passant

Tableau XLVIII FM dormants dans la cuvette nord du lac Tchad en janvier 1971 : prises par unité d'effort d'*Alestes baremose* (kg/100 m<sup>2</sup>/ nuit de pose). Les numéros de stations renvoient à la figure 55.

FM \ Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18	ε	0	0	/	/	0,2	0,7	ε	0	ε	/
22	0	0	0	/	/	0,2	0	8,6	0	0,2	/
25	ε	0	ε	0,8	3,9	8,3	4,0	3,6	0,9	6,9	ε
30	0	0,1	0	3,3	0,6	/	12,2	10,9	3,2	2,4	0
35	0	0,1	0	2,8	0	1,0	2,6	4,5	1,4	3,5	0
40	0	0	0	/	0,6	0,9	5,7	0,1	0	0,1	0

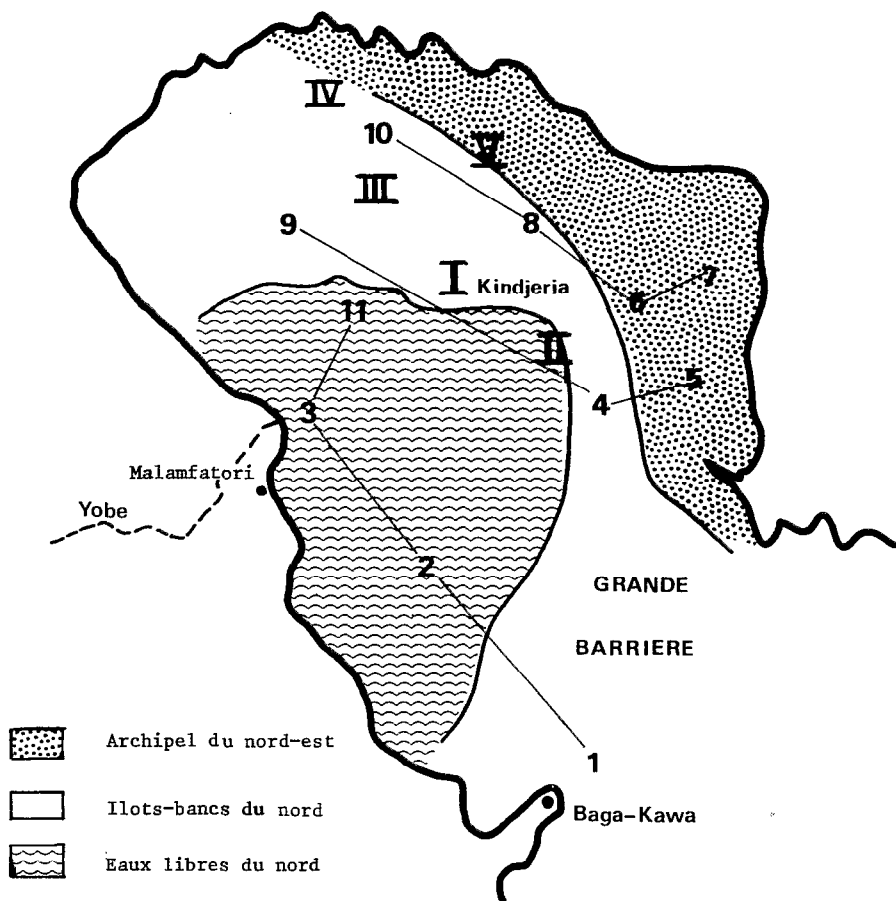


Figure 55 Carte de la cuvette nord en 1971. Les numéros 1 à 11 désignent les stations visitées en janvier 1971, reliées entre elles en fonction de l'abondance des *Alestes baremose*. Les chiffres I à V correspondent aux stations régulièrement visitées de 1973 à 1975.

par une zone intermédiaire (stations 4, 5, 9) où les p.u.e. étaient bien moindres (1,9 kg en moyenne).

Nous n'avons pas pu pêcher au nord en 1972, mais dès février 1973, les observations ont repris et se sont poursuivies lors de huit tournées successives jusqu'à la disparition totale des *Alestes baremoze* en avril 1973 (tableau XLIX). Les prises par unité d'effort moyennes, pour les trois filets susceptibles de pêcher des adultes, sont souvent remarquablement élevées et dépassent plusieurs fois 10 et même 20 kg/100 m<sup>2</sup>/nuit (en mars 1974, le FM 35 a capturé en une nuit - pour 170 m<sup>2</sup> en pêche - 84 kg d'*Alestes baremoze*!).

Tableau XLIX FM dormants dans la cuvette nord du lac Tchad, de février 1973 à avril 1975 : p.u.e. moyennes des FM 25, 30 et 35 (kg/100 m<sup>2</sup>/nuit). Les numéros de stations renvoient à la figure 55. Le signe + indique les stations où la pêche a été rendue impossible par la baisse du plan d'eau et où les *Alestes* devaient être rares ou absents.

Stations	I	II	III	IV	V
1973 Février-mars	13,8	/	/	5,6	3,8
Décembre	14,4	/	1,6	/	0,2
1974 Mars	4,5	0,5	29,8	0	5,0
Juin	4,1	8,4	4,2	0	13,6
Septembre	6,3	6,8	0,2	0	+
Décembre	13,7	+	+	+	+
1975 Avril	0	+	+	+	+

On ne peut pousser trop loin l'analyse, car ces observations expérimentales sont très ponctuelles. Il est cependant probable que la cuvette nord du lac a joué un rôle progressif de refuge pour les populations d'*Alestes baremoze* du lac Tchad et des biefs inférieurs des fleuves, tout en ayant déjà au départ des populations propres d'*Alestes* de densité élevée. A partir de mai 1973 elles ont été piégées dans la cuvette nord et l'ensemble du stock avait disparu début 1975, avant l'assèchement total de la cuvette. Durant cette dernière période les *Alestes* ont été soumis à une mortalité totale maximale

à la fois du fait d'une mortalité naturelle très importante dans un milieu de plus en plus difficile et du fait d'une pêche d'épuisement.

### 1.3 DISCUSSION

A partir des éléments exposés ci-dessus, on peut esquisser un schéma global d'évolution en se référant simplement, pour le moment, au niveau du lac.

De 1965 à 1967, les prises par unité d'effort dans le système fluvial, le delta et l'archipel sud-est sont très fortes. Les tailles des *Alestes baremoze* capturés dans les fleuves (ainsi que dans la Yobé), montrent qu'il s'agit uniquement de grands adultes en migration. C'est l'époque pendant laquelle le réservoir lacustre est le plus important : à des biomasses notables dans l'archipel sud-est (en saison fraîche) doivent correspondre des biomasses au moins comparables dans la cuvette nord à la même époque, puisque les *Alestes* semblent rechercher les eaux les plus calmes et profondes, donc de caractère lacustre marqué.

Entre 1968 et 1971, l'information disponible est quelque peu lacunaire. Le phénomène le plus notable pendant cette période est la disparition des adultes de l'archipel sud-est, alors que les densités d'*Alestes baremoze* sont encore très importantes début 1971 dans l'archipel de la cuvette nord. C'est entre 1969 et 1971 que l'activité de la pêche locale s'est peu à peu concentrée sur la région deltaïque, abandonnant pratiquement le Chari et le Logone en amont du confluent, puis le Chari en amont du delta. Les prises par unité d'effort au delta sont encore élevées en juillet-août 1971 et la taille moyenne des *Alestes* capturés correspond encore à de grands adultes. Le lac Tchad est encore un lac moyen : de l'ordre de  $20.000 \text{ km}^2$  en 1971.

Tout évolue très vite ensuite : les prises par unité d'effort baissent rapidement (ainsi que les tailles moyennes) au delta en 1972 avant même que les effets catastrophiques de la crue, très déficitaire cette année-là, aient pu se faire sentir. On doit en conclure que la dégradation des conditions de milieu dans le sud du lac a conduit à un rassemblement des *Alestes* dans la cuvette nord et à une quasi absence de migration dès 1972, avant que les communications entre les deux cuvettes soient interrompues. En 1973 il n'y a pratiquement plus de pêche au delta, la cuvette nord s'isole et les pêcheurs s'y rassemblent : la concentration du poisson conduit à une

augmentation des prises en 1973 et 1974 puis à une disparition du stock en 1975.

Les estimations des captures totales analysées ci-dessous, nous permettent de pousser plus loin les hypothèses sur l'évolution du stock entre 1966 et 1972 en essayant de comprendre les interactions résultant de l'augmentation de la pêche et de la baisse de niveau du lac.

## 2 - EVOLUTION DES CAPTURES TOTALES (1969-1977)

### 2.1 CIRCUITS DE COMMERCIALISATION DU POISSON SECHE

La configuration de la cuvette lacustre et l'énorme demande de poisson sur le marché nigérian ont pour conséquence un schéma relativement simple de trafic du poisson séché fumé (Banda) qui transite presque totalement par la ville de Maïduguri au Nord-Nigeria (fig.56). Les camions chargés de sacs de banda arrivent à Maïduguri soit par la route de N'Djamena, qui draine la production du bas système fluvial, du delta et de la cuvette sud, soit par la route de Baga-Kawa qui correspond aux captures effectuées dans la cuvette nord. Ce trafic de "banda" correspond à l'essentiel de la pêche à grandes mailles, donc des poissons de grande taille. - qui doit elle-même représenter 80 à 90% de la production lacustre totale (1).

Les statistiques de production totale de salanga (*Alestes baremoze* et *Alestes dentex*) sont recueillies de la même manière, par contrôle du trafic routier aux entrées de Maïduguri, sur les routes de Baga-Kawa et de N'Djamena. On ne peut cependant considérer, comme pour le banda, que les tonnages totaux enregistrés correspondent à la production totale de salanga. En effet, les *Alestes* sont particulièrement appréciés au Tchad, au Cameroun

---

(1) Tout le poisson pêché n'est cependant pas converti en banda : c'est en particulier le cas des *Gymnarchus niloticus* fumés et vendus séparément, celui des *Lates* qui, dès qu'ils dépassent 5 à 6 kg sont séchés et vendus sur les marchés nigériens autour du lac, celui enfin de poissons de petite taille (*Synodontis* par exemple) peu appréciés et non consommés.



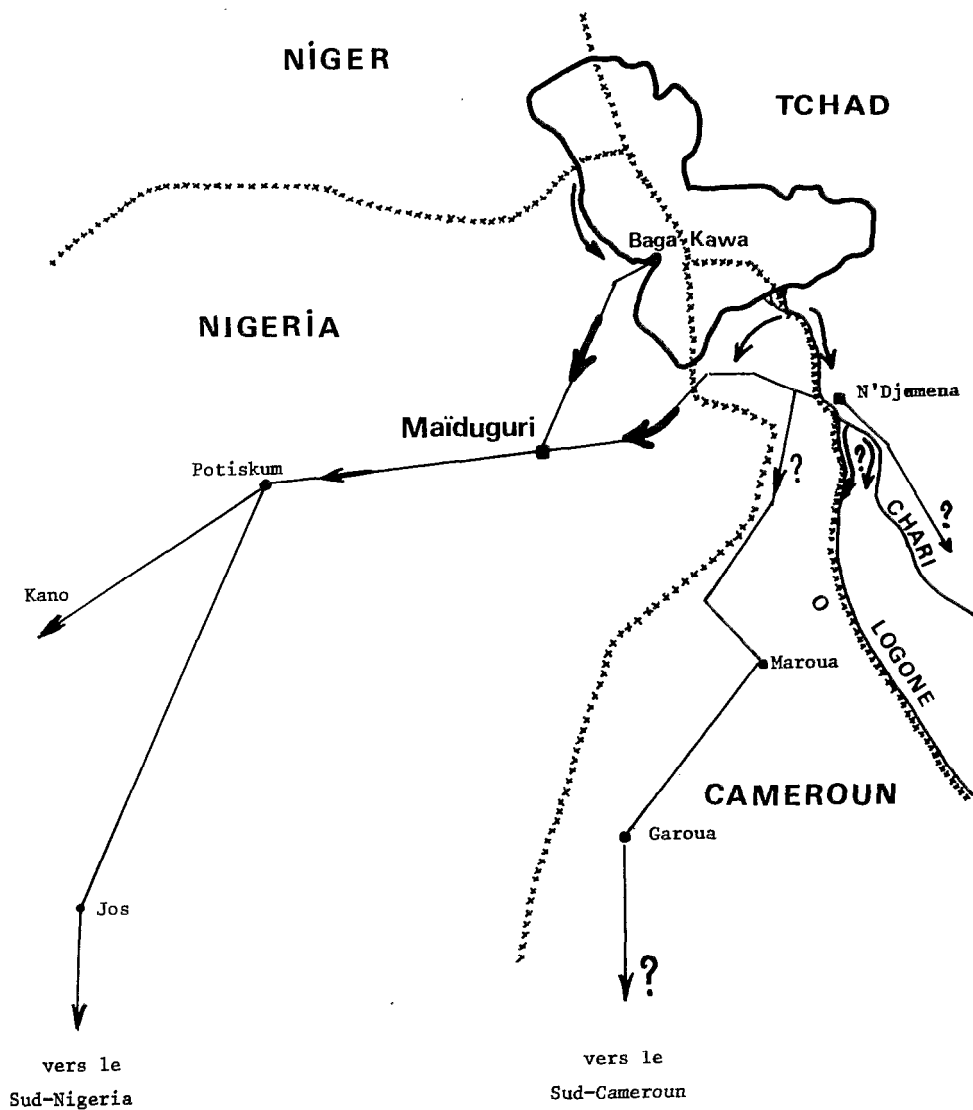


Figure 56

Principaux circuits de commercialisation du poisson séché. La circulation vers le sud du Tchad et le sud-Cameroun est probable mais non quantifiable d'après les statistiques actuelles.

et même jusqu'en République Centrafricaine (Couty, 1968) (1). Il est probable qu'une proportion non négligeable de la production de salanga n'est pas contrôlée à Maïduguri et circule vers le sud-ouest (fig.56) (2). Les estimations faites pour la route de N'Djamena à l'entrée de Maïduguri sous-estiment donc la pêche d'*Alestes* des fleuves et du delta. En ce qui concerne la route de Baga-Kawa, par contre, tout le salanga produit dans la cuvette nord et la Yobé transite obligatoirement par Maïduguri.

Le système de collecte de statistiques a été mis en place en 1968 par A. Stauch, expert FAO qui a suivi la récolte des statistiques de pêche de 1969 à 1977 et a publié récemment un bilan global des tonnages mensuels recensés à Maïduguri (Stauch, 1977).

## 2.2 RESULTATS

Le tableau L rassemble, à partir des valeurs mensuelles, les totaux trimestriels et annuels de salanga séché ayant transité par Maïduguri. La figure 57 représente l'évolution correspondante des tonnages de salanga séché. Les productions totales annuelles en 1969 ont été extrapolées en supposant que les productions trimestrielles ont la même importance relative qu'en 1970 et 1971. Il n'a pas été tenu compte ici des quantités de poisson séché contrôlées en 1974 et 1975 sur la route de N'Djamena : à cette époque la pêche a complètement cessé dans la cuvette sud et les quantités enregistrées sous le vocable "salanga", concernaient sans doute d'autres espèces : *Tilapia*, *Labeo* etc ...

On voit que le rythme de commercialisation du salanga séché offre une périodicité marquée de 1969 à 1972 avec un maximum très net au troisième trimestre pour la route de N'Djamena. Ensuite, l'évolution du lac et de la pêche masque ce cycle saisonnier en 1973 et 1974.

Les quantités transitant par la route de Baga-Kawa sont très faibles en 1969 et 1970 : il s'agit là des *Alestes* capturés dans la rivière Yobé. A partir de 1971, les pêches aux filets maillants deviennent notables dans la cuvette nord et la production totale augmente en proportion : cinq fois plus en 1972 qu'en 1969. En 1973 et 1974 on assiste à l'épuisement du

---

(1) Comme de nombreux autres Characidae les *Alestes baremoze*, du fait de leurs réserves adipeuses considérables (chapitre IV), peuvent être utilisés pour l'extraction d'huile. Par ailleurs, la chair séchée est utilisée comme condiment dans les sauces qui accompagnent le mil ou le riz.

(2) L'absence totale d'indication sur le trafic de poisson, par voie fluviale ou terrestre, au Cameroun et au Tchad, nous interdit d'analyser certains aspects de la production d'*Alestes*. C'est là une lacune fondamentale que tout projet de développement des pêches doit s'attacher à combler.

Tableau L Tonnages trimestriels et annuels de salanga séché arrivant à Maiduguri par les routes de N'Djamena (N'D) et Baga-Kawa (B-K).

		Tonnages trimestriels			Tonnages annuels		
		N'D	B-K	Total	N'D	B-K	Total
1969	3	309,2	36,8	346,0	(364,2)	(41,4)	(405,6)
	4	55,0	4,6	59,6			
1970	1	40,7	6,0	46,7	614,8	62,5	677,3
	2	90,2	12,7	102,9			
	3	424,7	27,8	452,5			
	4	59,2	16,0	75,2			
1971	1	39,3	5,4	44,7	402,6	160,6	563,2
	2	53,9	73,8	127,7			
	3	263,3	77,7	341,0			
	4	46,1	3,7	49,8			
1972	1	35,3	6,3	41,6	333,8	209,2	542,0
	2	45,9	27,0	72,9			
	3	170,5	91,4	261,9			
	4	82,1	84,5	165,6			
1973	1	34,2	66,6	100,8	178,7	430,2	608,9
	2	84,9	49,7	134,6			
	3	26,6	61,4	88,0			
	4	33,0	252,5	285,5			
1974	1	(25)	138,8	(163,8)	(100)	600,0	(700)
	2	(25)	352,9	(377,9)			
	3	(25)	95,2	(120,2)			
	4	(25)	14,1	(39,1)			
1975	1	0	27,0	27,0	0	43,7	43,7
	2	0	16,7	16,7			
	3	0	0	0			
	4	0	0	0			
1976	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0			

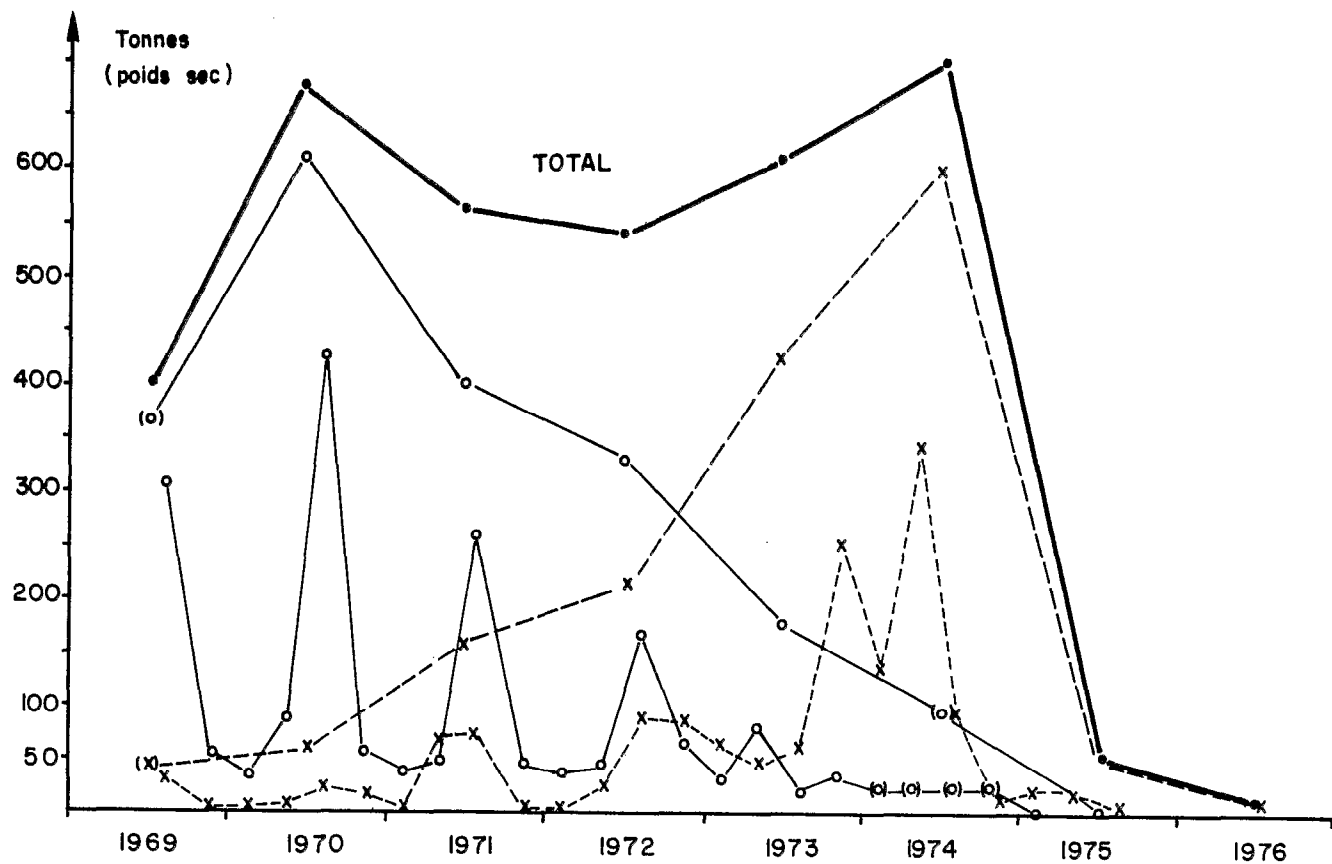


Figure 57 Evolution trimestrielle et annuelle des tonnages de salanga séché contrôlés à l'entrée de Maïduguri sur les routes de N'Djamena (o — o —) et Baga-Kawa (x — x —).

stock et la production chute brusquement en 1975 : 43,7 tonnes au premier semestre et s'annule totalement au second semestre, ainsi qu'au début 1976. La situation ne s'est guère améliorée depuis, puisque neuf tonnes seulement ont été notées pour la période juillet 1976 - juin 1977 (Stauch, comm. pers.).

L'évolution des quantités d'*Alestes* séchés circulant sur la route de N'Djamena est totalement différente. Après être passés par un maximum en 1970, les tonnages diminuent régulièrement jusqu'en 1973, année pendant laquelle il s'en pêche 3,4 fois moins qu'en 1970 (tableau L). Les observations effectuées durant cette période permettent d'affirmer que de 1969 à 1972 toutes les pêches correspondantes ont eu lieu dans le système fluvial et le delta. A partir de 1973 par contre, la baisse du lac aidant, les filets à petite maille se répandent dans la cuvette sud. Il est d'ailleurs certain qu'une bonne partie de la production de 1973 provient déjà de la cuvette sud. En 1974, nous l'avons vu, les captures deviennent négligeables.

Les quantités totales recensées à Maïduguri montrent que la production de salanga du Chari et du delta est très supérieure à celle de la cuvette nord. Néanmoins, on peut s'étonner en fait que l'écart ne soit pas plus grand entre les quantités contrôlées sur les routes de N'Djamena et de Baga-Kawa en 1971 et 1972 par exemple, alors que l'activité des pêcheries était encore incomparablement supérieure dans le Chari et le delta. En fait ceci rejoint le problème évoqué plus haut : les quantités de salanga pêchées dans la zone fluviale notamment ne transitaient que partiellement par Maïduguri et il faudra essayer d'en tenir compte pour évaluer les captures réelles d'*Alestes baremoze*.

### 2.3 ESTIMATION DES CAPTURES REELLES D'ALESTES BAREMOZE

Nous avons jusqu'ici exposé les résultats concernant les quantités de salanga séché transitant par Maïduguri. Ce qui nous intéresse plus particulièrement c'est le poids frais d'*Alestes baremoze* effectivement pêché. Passer de l'un à l'autre suppose des corrections de divers ordres. Nous avons tout d'abord estimé la proportion globale d'*Alestes dentex* dans le salanga à 15% environ d'après les résultats de Loubens (1973) et Quensièrre

(1976) pour les pêcheries deltaïques (1). Il reste ensuite à opérer la conversion poids sec-poids frais. Concernant le salanga, nous avons préféré procéder à des évaluations directes du coefficient de conversion (2). Cinq *Alestes baremoze* et cinq *Alestes dentex* ont été préparés suivant la méthode traditionnelle (éviscérés et disposés à plat) : à partir d'un poids frais de 279 g, le poids des *Alestes baremoze* préparés passe à 269 g. Le séchage est très rapide (l'essai a été effectué fin mars-début avril) et le poids des cinq poissons se stabilise à 79 g au bout de sept jours. Le rapport poids sec/poids frais est de 3,53. Les chiffres pour *Alestes dentex* sont sensiblement identiques : on passe dans le même laps de temps de 255 à 73 g soit un coefficient de 3,49. Nous adopterons un taux de conversion poids frais/poids sec de 3,5 pour les *Alestes baremoze*.

On devrait théoriquement tenir compte aussi de l'autoconsommation (ce terme englobe ici toute la production qui n'apparaît pas dans le circuit général de commercialisation de poisson séché, soit la consommation locale d'*Alestes baremoze* frais ou séché). C'est là aussi une lacune des estimations quantitatives et aucun chiffre précis ne peut être avancé. Il est néanmoins certain que la quantité autoconsommée doit être notablement plus faible pour le salanga que pour le banda car il s'agit d'un produit qui se vend cher. En tenant compte des autres causes de perte (transport, attaques de *Dermestes* entre les lieux de pêche et le passage à Maïduguri) nous avons estimé à 10% la différence entre la production fraîche et la production commercialisée.

En fonction de ces diverses estimations, on peut opérer la conversion suivante : une tonne sèche à Maïduguri correspond en fait à 1110 kg secs sur les lieux de production; ceux-ci comprennent 15% d'*Alestes dentex* et donc 943,5 kg d'*Alestes baremoze*. On en déduit une production fraîche de 3.302 kg. Les corrections pour les diverses pertes sont du même ordre que celle concernant *Alestes dentex*, le coefficient de conversion global reste proche du taux de conversion poids frais/poids sec et l'on peut dire qu'une tonne de salanga contrôlée à Maïduguri correspond à 3,3 tonnes d'*Alestes baremoze* frais.

Il reste à préciser ce que représentent les statistiques de transit à Maïduguri. On peut penser que la route de Baga-Kawa draine effectivement la production de salanga. Il n'en est pas de même pour la route de N'Djamena. Pour le vérifier nous disposons des enquêtes et évaluations de Loubens (1973) pour le delta du Chari, entre août 1971 et juillet 1972. Cette

---

(1) Cette approximation sous-estime sans doute un peu l'importance réelle des *Alestes baremoze*, qui étaient plus dominants encore dans nos pêches fluviales avant 1971.

(2) En ce qui concerne le banda, les coefficients de conversion généralement utilisés reprennent ceux de Mann (1962). On peut se demander s'ils ne conduisent pas à une sous-estimation de la production.

période est particulièrement favorable car la pêche était alors concentrée dans le delta et l'on devrait normalement avoir une bonne corrélation entre la production fraîche de salanga de la région deltaïque et la circulation du poisson séché vers Maïduguri. Loubens a calculé que d'août 1971 à juillet 1972 la production de salanga était de 1.850 tonnes dans le bief étudié. En supposant que l'activité de pêche ait été comparable dans l'ensemble du delta, il estime que le bief sur lequel ont eu lieu les enquêtes correspond aux trois huitièmes de la production de la zone deltaïque. On y a donc pêché environ 4.950 tonnes de salanga. Pendant la même période, la circulation du poisson séché sur la route de N'Djamena s'est élevée à 282 tonnes. On ne peut cependant comparer directement les deux chiffres car il y a des décalages variables entre le moment de la pêche et celui où le poisson est contrôlé à Maïduguri : les chiffres correspondants - en supposant qu'il y ait un, deux, trois mois de décalage - sont respectivement 297,8 ; 321,3 ; 340,1 tonnes. La moyenne est de l'ordre de 320 tonnes de salanga sec qui représentent donc, d'après ce que nous avons vu ci-dessus, 1.250 tonnes fraîches. Il faut donc en conclure que le salanga contrôlé à l'entrée de Maïduguri d'août 1971 à juillet 1972 ne représentait que le quart des *Alestes dentex* et *baremoze* pêchés pendant la même période (1). L'absence totale d'enquête approfondie sur les circuits de commercialisation et leur évolution ne nous permet pas de contrôler les résultats pour les autres années. Aussi avons-nous conservé ce coefficient pour la période 1969-1972, en supposant donc que globalement la proportion commercialisée via Maïduguri est restée constante par rapport à l'ensemble des autres circuits (N'Djamena et sud du Tchad, Cameroun, R.C.A. ...). Pour 1973 et 1974, années d'épuisement du stock et de pêches uniquement lacustres, la structure est différente puisque les débarquements ont lieu directement au Cameroun ou au Nigeria et que la quantité circulant vers le sud doit être moindre les quantités de salanga arrivant à Maïduguri par la route de N'Djamena en 1973 et 1974 doivent donc être surestimées. Les estimations des productions annuelles d'*Alestes baremoze* tenant compte de ces divers coefficients de correction, sont rassemblées dans le tableau LI et la figure 58.

On voit que les pêches d'*Alestes baremoze* dans la cuvette nord ont constamment augmenté de 1970 à 1974. Alors qu'elles ne représentaient que 3,8% du total en 1969, la proportion passe à 13,7% en 1972 et 37,8% en 1973. Pour le système fluvial, au contraire, après avoir culminé à plus de 8.000 tonnes en 1970, la production diminue jusqu'en 1975.

Au total, pendant les trois années 1975, 1976 et 1977, on aura pêché en moyenne cinquante à cent fois moins d'*Alestes baremoze* qu'en année normale.

(1) On peut même supposer que la proportion de salanga est encore moins importante car nous avons supposé ici que le delta représentait toute la pêche aux FM à petites mailles, alors qu'il y avait encore quelques zones encore relativement actives jusqu'à N'Djamena.

Tableau LI Productions annuelles estimées d'*Alestes baremoze* entre 1969 et 1976 d'après les contrôles de Maiduguri et après corrections.  
A : bas système fluvial et delta (1969-72) et cuvette sud (1973-76). B : cuvette nord.

Année	A	B	Total
1969	6120	240	6360
1970	8070	210	8280
1971	4435	535	4970
1972	4380	695	5075
1973	2345	1425	3770
1974	1310	1990	3300
1975	ε	145	145
1976-77	ε	ε	ε

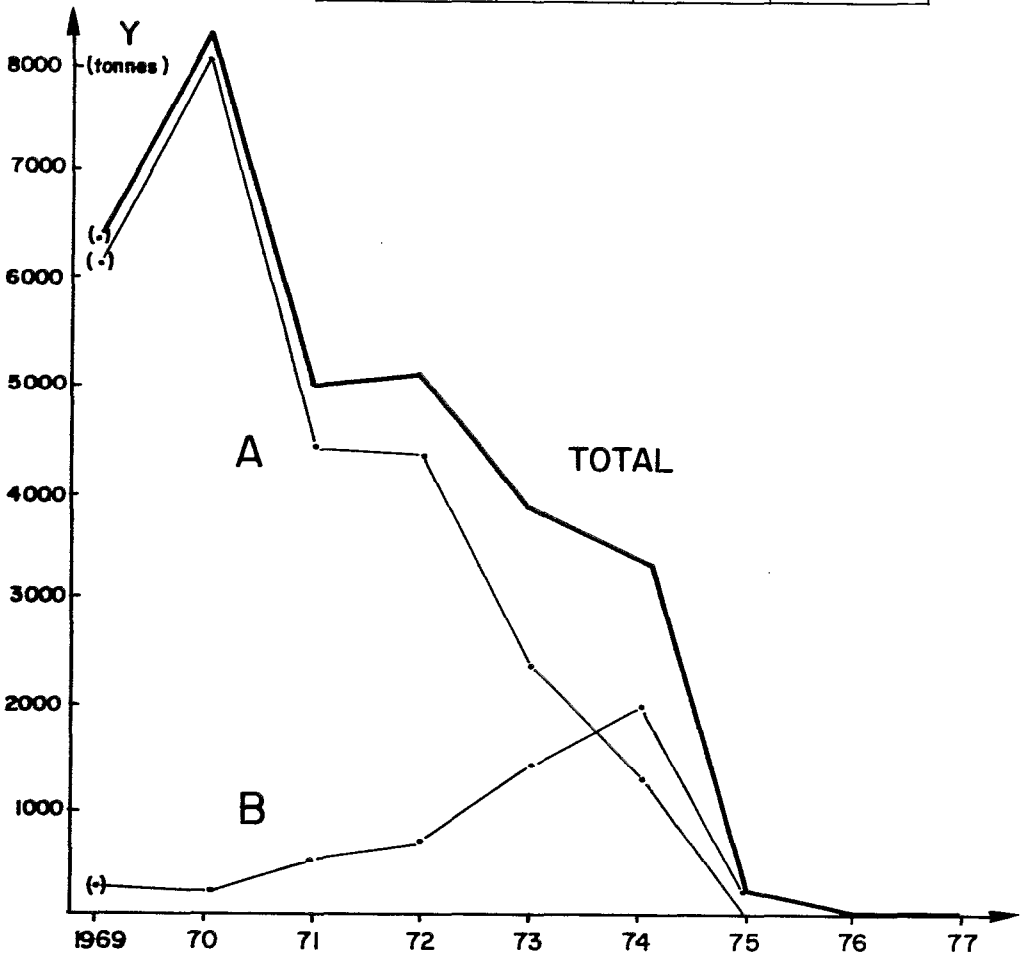


Figure 58 Productions annuelles estimées (Y, tonnes) d'*Alestes baremoze* entre 1969 et 1976 d'après les contrôles de Maiduguri et après corrections.  
A : fleuves, delta et cuvette sud ; B : cuvette nord.



### 3 - ESSAI D'INTERPRÉTATION

Tout essai d'interprétation de l'évolution du stock des *Alestes baremoze* entre 1966 et 1976 devrait s'appuyer sur deux ensembles de données : d'une part les caractéristiques hydrologiques; d'autre part les données de pêche proprement dites, aussi bien techniques que socio-économiques. Les données hydrologiques sont bien connues, tant en ce qui concerne les fleuves que le lac Tchad (1). Il n'en est malheureusement pas de même pour la pêche ainsi que nous l'avons souligné à plusieurs reprises ci-dessus. Les deux lacunes principales concernent d'une part, la connaissance des prises par unité d'effort, de l'effort total et de la production totale; d'autre part, dans le domaine socio-économique, les circuits de commercialisation. S'il semble peu réaliste de vouloir estimer l'effort total dans le cas de pêcheries artisanales du type de celles rencontrées au Tchad, il paraît en revanche possible, sans difficultés méthodologiques insurmontables, ni moyens très coûteux, d'arriver à des estimations des prises par unité d'effort et des productions totales pour les principales pêcheries dans la mesure où les circuits et les modalités de commercialisation seront étudiés.

Une première approche de ce type a été menée sur la cuvette nord du lac Tchad à partir d'estimations des prises par unité d'effort des filets maillants à grande maille et des statistiques de "banda" contrôlé à l'entrée de Maïduguri sur la route de Baga-Kawa (Durand, 1973b). Il est nécessaire de rappeler ici les principaux traits de cette étude, car elle pourra servir de point de comparaison avec l'évolution des pêcheries de salanga qui concernent la même période et le même milieu (au moins partiellement). Les p.u.e. des filets à grande maille de la cuvette nord ont pu

---

(1) Seules les zones inondées, de notre point de vue, mériteraient plus d'attention, mais l'étude de ces milieux temporaires est difficile. L'utilisation des observations de satellite devrait permettre de résoudre certains problèmes posés qui concernent directement le recrutement des poissons.

être étudiées à partir d'observations des pêcheries locales à Baga Kawa (1968-1971) et de pêches expérimentales menées à la station de Malamfatori (1963-71). Toutes concordent pour indiquer une évolution très contrastée des rendements (fig.59) : à partir de valeurs très élevées en 1962 (15 à 20 kg/100 m<sup>2</sup>/nuit) les p.u.e. décroissent très rapidement jusqu'en 1966. On a ensuite une période de stabilisation relative vers 1 kg/100 m<sup>2</sup>/nuit, de 1967 à 1969; puis, en 1971, les rendements baissent nettement à nouveau. Au total, les p.u.e. moyennes sont 25 à 30 fois plus faibles début 1971 que fin 1963. Aucune estimation de p.u.e. n'a été faite entre 1972 et 1976; il est cependant probable que les rendements ont dû s'améliorer pendant quelques années, du fait de la réduction du volume lacustre et de la plus grande vulnérabilité des poissons.

Les captures totales de filets à grandes mailles peuvent être suivies, quant à elles, à partir des tonnages de banda contrôlés à Maïduguri à l'arrivée des routes de Baga-Kawa et N'Djamena (fig.59). L'augmentation est continue depuis le début des années soixante jusqu'à 1974 : de 1961 à 1963 le tonnage annuel a été de l'ordre de 6 à 7.000 tonnes (poisson séché fumé); il semble y avoir eu ensuite une augmentation régulière jusqu'en 1970 (13.000 tonnes). En revanche, à partir de 1971, le rythme d'augmentation s'accélère : 23.000 tonnes en 1971, 32.000 en 1972, 40.000 en 1973 et 1974 (1).

La surface du lac n'a pas beaucoup varié entre 1963 et 1967 alors que les prises par unité d'effort des FM à grandes mailles diminuaient très rapidement : c'est donc l'augmentation rapide de l'effort de pêche qui est responsable (2). La baisse du lac n'aurait donc joué, jusqu'en 1970, qu'un rôle minime. Comme dans le cas des *Alestes*, la production totale a décliné brusquement après le maximum de 1973-1974. Mais contrairement aux *Alestes*, les tonnages totaux sont restés notables ensuite (fig.59), 24.000 tonnes environ en 1975, 22.000 en 1976 et un chiffre probable de l'ordre de 15 à 20.000 tonnes en 1977 (Stauch comm. pers.). Ce comportement des résultats de pêche aux filets de grande maille provient de la composition multispécifique changeante des stocks pêchés : suivant les stades d'évolution du réservoir lacustre, les espèces les mieux adaptées aux conditions particulières ainsi créées, remplacent les espèces moins résistantes (3).

---

(1) Les chiffres de 1973 et 1974 doivent correspondre, en tenant compte de l'ensemble des catégories de production qui n'apparaissent pas dans les statistiques, de l'autoconsommation etc ... à un tonnage global - pour les biefs inférieurs des fleuves, les zones inondées et le lac voisin de 200.000 tonnes fraîches.

---

(2) On a pu évaluer le rythme d'augmentation de l'effort total de pêche en supposant que les p.u.e. obtenues pour les FM à grandes mailles représentent bien l'ensemble des pêches : l'effort total de pêche a été multiplié par 50 environ entre 1963 et 1971-1972.

---

(3) Les *Alestes baremoze* se sont d'ailleurs avérés assez rustiques puisqu'ils ont résisté jusqu'au dernier trimestre 1974.

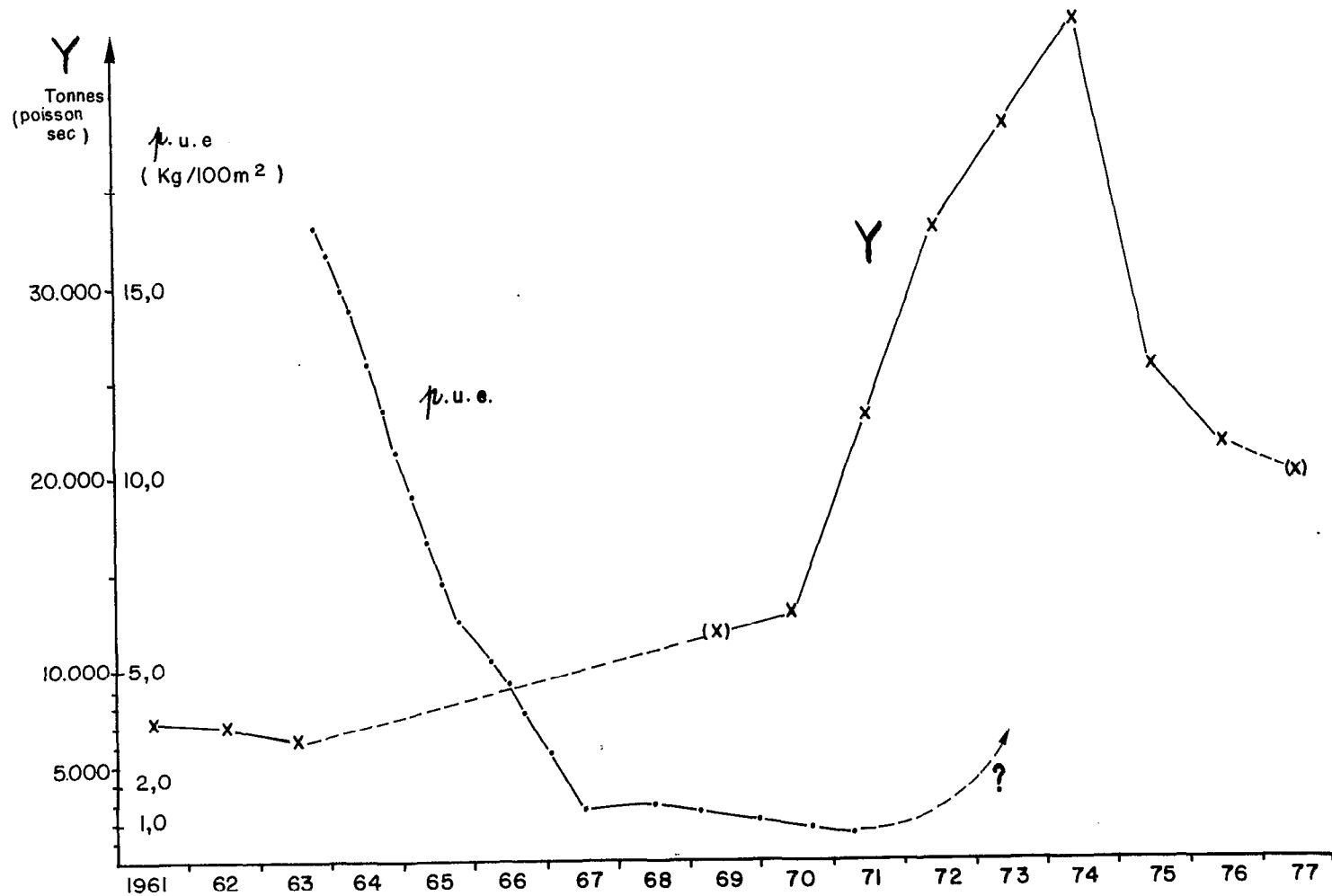


Figure 59 Filets à grandes mailles : quantités totales de poisson fumé (banda) ayant transité par Maïduguri entre 1961 et 1977. Les valeurs de prises par unité d'effort (—•—, 1963-1971) ont permis d'évaluer l'effort total de pêche.

Pour esquisser une analyse analogue de l'évolution des *Alestes baremoze* nous avons rassemblé ce que nous savons - ou pouvons extrapoler - pour les p.u.e. d'une part (fig.60A) et les productions totales d'autre part (fig.60B). Etant donné l'impossibilité qu'il y a à mettre sur le même plan les p.u.e. expérimentales et locales, nous avons simplement indiqué les tendances telles qu'elles apparaissent d'après les données présentées au paragraphe précédent. Dans le système fluvial, les prises par unité d'effort en dérive étaient nettement plus élevées en 1966-67, tant dans les fleuves en amont de N'Djamena qu'au delta. Ces captures correspondaient sans doute à un stock assez peu exploité. Il y a eu ensuite diminution très appréciable des rendements - dans un rapport de 10 à 1 environ - jusqu'en 1972. L'allure exacte de cette baisse nous est inconnue; on peut cependant noter que les p.u.e. avaient sans doute déjà baissé notablement en 1971 et il est donc possible que cette évolution ait été assez continue depuis 1966-67. Les données expérimentales de l'archipel sud-est montrent un phénomène analogue, mais plus précoce, les captures étant déjà dérisoires pour les adultes dès 1969; alors que les p.u.e. en 1965 (C.T.F.T.) avoisinaient 15 kg, elles ne sont plus que de 1 à 2 kg/100 m<sup>2</sup>/ nuit en 1969 (fig.60A). A l'inverse, nous avons vu que la densité d'*Alestes* dans la cuvette nord était forte en 1971 et augmentait ensuite en 1973 et 1974 du fait de la coupure du lac et de la réduction rapide du volume d'eau restant.

Dans le système tchadien, la cuvette nord constitue en temps normal le milieu à caractère lacustre le plus accusé et donc le refuge d'une grande partie des divers stocks de poisson. La pêche des filets à grande maille s'y est développée beaucoup plus tôt que celle des filets à salanga : c'est ce qui explique que la baisse des prises par unité d'effort ait été globalement plus tardive pour les *Alestes baremoze* (fig.60A). Entre 1966 et 1971, il n'y a pas d'influence directe de la baisse du lac sur les prises d'*Alestes*, mais plutôt sur leur comportement : durant cette période on constate la disparition des adultes de l'archipel sud-est ; il est probable que ceux-ci gagnent peu à peu la cuvette nord où ils trouvent des eaux plus profondes et où le stock de zooplancton reste considérable. Même si ce phénomène a pu jouer un certain rôle, c'est l'évolution de l'effort de pêche dans le système fluvial qui a été prépondérante entre 1966 et 1971 (1). On retrouve donc le même schéma que pour les filets à grande maille de la cuvette nord quatre à cinq ans plus tard.

A partir de 1971 l'évolution du milieu lacustre se fait sentir beaucoup plus nettement. Nous avons vu que les faibles captures de 1972 vont de pair avec des biomasses élevées d'*Alestes* dans la cuvette nord :

(1) Cette évolution de l'effort total est intervenue sans doute au premier chef par son augmentation globale, mais aussi par la concentration progressive de toute la pêche dans la région deltaïque.

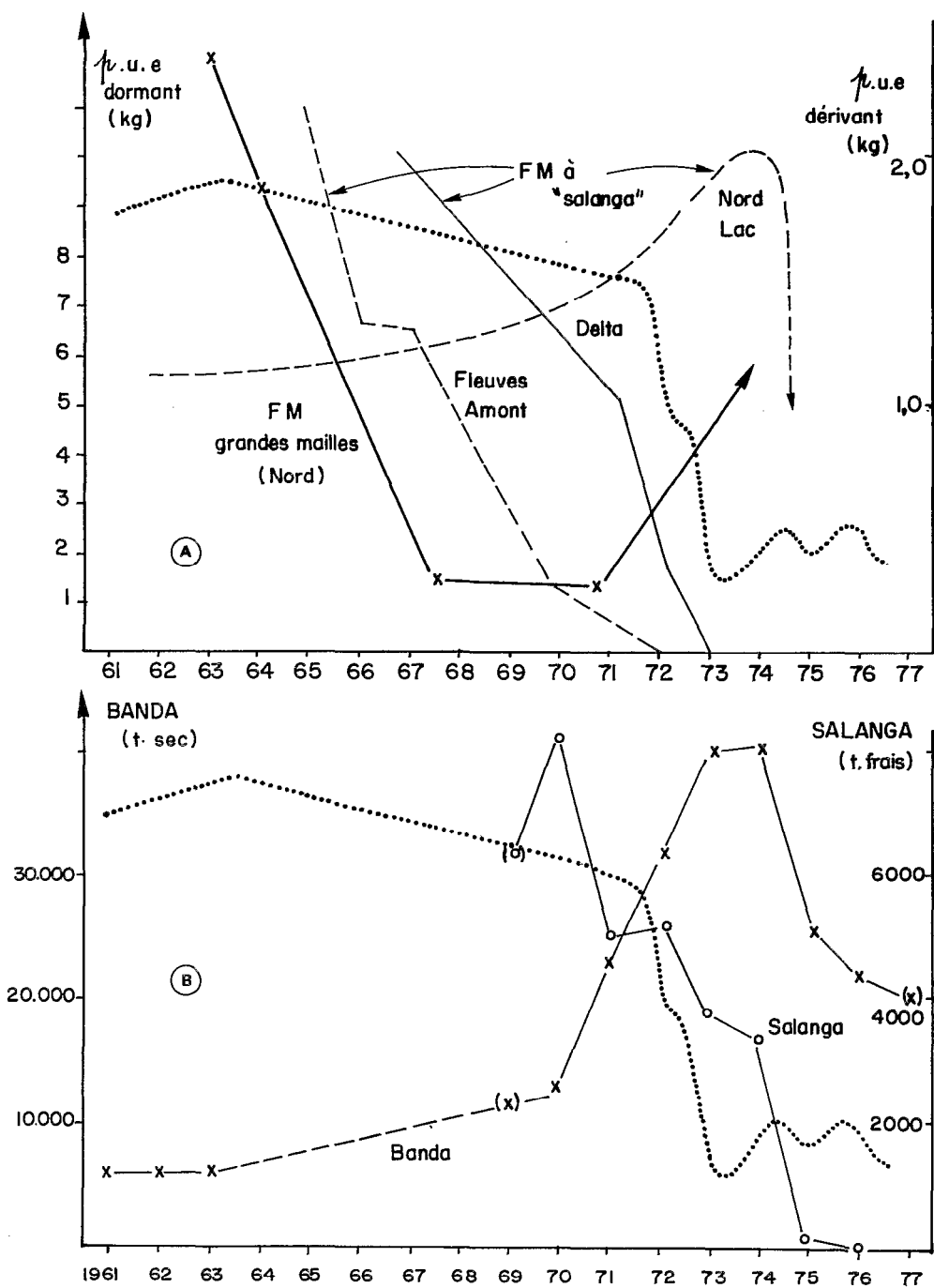


Figure 60

Comparaison de l'évolution des pêcheries d'après les statistiques de tonnages de poisson contrôlés à Maïduguri (pêches aux filets à banda, et pêches aux FM à petites mailles : salanga). A: prises par unité d'effort; B: productions totales. Le pointillé indique l'évolution du niveau du lac Tchad.

il y a donc là un comportement nouveau, les migrations fluviolacustres devenant secondaires; 1971-1972 est donc une période transitoire. De 1973 à 1975 on peut dire que la pêche ne joue plus aucun rôle : les pêcheurs ont profité d'une situation critique qui aurait conduit de toutes façons à la disparition du stock. L'évolution des captures totales est en bon accord avec l'ensemble de ces hypothèses (fig.60B).

En conclusion, il apparaît que l'effort de pêche correspondant aux techniques traditionnelles jusqu'en 1960-65, tout en n'étant pas négligeable, n'a pas été considérable. C'est à partir de l'introduction du nylon et des filets maillants industriels que l'effort total a notablement augmenté, pour devenir trop élevé entre 1970 et 1972. La sécheresse du Sahel, a ensuite pris le relais pour conduire à la disparition du stock en 1975. La reconstitution de stocks d'*Alestes* permettant à nouveau des captures totales importantes suppose, une fois le milieu lacustre rétabli, une surveillance du niveau de l'effort total de pêche et de la façon dont il sera mis en oeuvre.

## *Chapitre VII*

### *LA CROISSANCE*

L'estimation de la production (chapitre IX) suppose que l'on connaisse la loi déterminant la relation âge-poids. On n'aborde pas cependant celle-ci directement. Il est en effet plus facile d'étudier la croissance en longueur, la longueur étant un paramètre simple et plus précis que le poids. Une fois la croissance en longueur déterminée, la relation longueur-poids permettra de passer à la croissance pondérale.

Après le choix d'un modèle satisfaisant, la seconde étape d'une telle étude est de choisir le matériel le plus favorable à la lecture de l'âge, ici les écailles, puis de déterminer la fréquence et la valeur des marques rencontrées. A partir de là, les lectures d'écailles peuvent être exploitées de deux façons, soit par rétrocalcul, soit en établissant une relation directe âge-taille. Enfin, il est indispensable de contrôler, au moins partiellement, les résultats obtenus par une méthode indépendante de la scalimétrie. C'est pourquoi nous tiendrons compte dans la discussion des résultats de pêche de divers engins, afin de définir les quelques modes de longueur distinguables (méthode de Petersen).

La croissance en longueur des *Alestes baremoze* a déjà été étudiée par Daget (1952) pour le Niger moyen; plus récemment Gras (1962) puis Blache

(1964) ont abordé certains aspects de cette étude. Deux publications préliminaires nous avaient permis de répondre à certaines questions posées (Durand et Loubens, 1967 et 1969), de larges emprunts seront faits à celles-ci. Enfin, la publication de J. Hopson (1972) sur les populations de la cuvette nord du lac permet de donner une vue d'ensemble de la croissance de cette espèce. Les données utilisées ici ont été recueillies de 1966 à 1972 à toutes les époques du cycle saisonnier et dans tous les milieux.

## 1 - MODÈLES ET MÉTHODES

La description mathématique des lois de croissance a suscité un très grand nombre de travaux et le nombre de formules proposées est considérable. C'est ainsi que Hoeppé (1959) en discute une centaine (*in* Krüger, 1973). On s'accorde cependant pour estimer que la croissance peut être assez bien décrite en général par une fonction sigmoïde, fonction représentée par une courbe possédant un point d'inflexion, d'emplacement variable suivant le type d'équation adoptée, et une asymptote lorsque l'âge augmente indéfiniment.

C'est à partir du modèle retenu pour la croissance pondérale que sera déterminé le modèle de croissance en longueur utilisé dans un premier temps.

Les deux modèles les plus classiques et les plus anciens sont ceux de Gompertz (1825), du type  $W_t = W_\infty \cdot b^{c(t-t_0)}$  et de Von Bertalanffy (1938) de la forme  $W_t = W_\infty \left[ 1 - e^{-k(t-t_0)} \right]^3$  où  $W_t$  représente le poids au temps  $t$ ;  $W_\infty$  la valeur asymptotique;  $t_0$ , l'âge pour lequel  $W_t = 0$ ;  $b$ ,  $c$  et  $k$  des constantes. Richards (1959) a montré qu'une équation plus générale,  $W_t^{1-m} = W_\infty^{1-m} \left[ 1 - be^{-kt} \right]$  permettrait de retrouver les deux équations précédentes suivant les valeurs données à  $m$  (1 pour Gompertz, 2/3 pour Von Bertalanffy).

Plus récemment, Rafail (1971) a proposé la relation  $(W_t - W_m) = \pm b \left| t - t_m \right|^B$  où  $b$  et  $B$  sont des constantes et  $W_m$  et  $t_m$  les coordonnées du point d'inflexion qui correspond au taux de croissance maximal. Enfin, la fonction réciproque de Krüger (1973),  $W_t = \frac{W_\infty}{1 + \frac{k}{t+t_0}}$  peut permettre elle aussi

un ajustement satisfaisant des données longueur-âge ou poids-âge. Aucune des équations proposées ne permet d'obtenir des ajustements corrects dans tous les cas, sauf peut-être le modèle de Gompertz, mais celui-ci est d'un maniement plus compliqué. Par ailleurs, les comparaisons systématiques effectuées par divers auteurs ne permettent pas de rejeter le modèle de Von



Bertalanffy qui, bien que souvent critiqué, reste le plus usité car donnant d'assez bons ajustements pour de nombreux organismes aquatiques.

Au reste l'essentiel des critiques portaient sur deux points :

- l'ajustement est rarement bon de la naissance à l'âge maximal;
- l'équation de croissance en poids n'est réellement utilisable

que si la relation longueur-poids correspond à un coefficient d'allométrie proche de trois entre  $W$  et  $L$ .

Il faut voir en fait la signification de ce qui précède en fonction du modèle de production utilisé. Dans le cas de Beverton et Holt (1957), les calculs de production sont beaucoup plus simples si l'on peut utiliser une seule équation de croissance (c'est généralement le cas pour la gestion de stocks exploités où l'on ajuste à partir de l'âge au recrutement ou de l'âge à la première capture). En revanche, l'hypothèse d'un taux d'allométrie égal à trois entre longueur et poids, s'avère beaucoup plus périlleuse et expliquerait dans de nombreux cas les résultats médiocres obtenus en utilisant le modèle de production de Beverton et Holt (Allen, 1969).

Ces objections tombent lorsque l'on utilise la méthode de Ricker (1958), puisque celle-ci ne suppose plus de relation d'un type donné entre le poids et l'âge. En contre-partie elle exige l'utilisation d'ordinateurs ce que l'on pourrait éviter dans une certaine mesure avec le modèle précédent, mais qui ne soulève plus de difficultés actuellement.

Il ne sera d'ailleurs pas question dans la plupart des cas, d'utiliser des données observées à chaque âge, mais de tenir compte des réalités biologiques et écologiques qui ne se laissent pas modéliser aisément. Nous verrons qu'ici la solution adoptée finalement représente un compromis entre des valeurs brutes observées et la recherche d'un modèle global et que le modèle de Von Bertalanffy s'avère utilisable sans représenter pour autant une recette miracle.

## 1.1 LE MODELE DE VON BERTALANFFY

L'équation de Von Bertalanffy (1938) a été obtenue à partir de considérations physiologiques. En supposant que la croissance pondérale est le résultat de deux processus antagonistes, anabolisme, proportionnel à la surface  $S$  du corps et catabolisme, proportionnel au poids du corps  $W$  (1),

---

(1) Cette seconde hypothèse n'est pas toujours en accord avec les valeurs observées (Winberg, 1962, *in* Rafail, 1971).

on peut écrire :  $\frac{dW}{dt} = k_1 S - k_2 W$  ou  $\frac{dL}{dt} = k'_1 - k'_2 L$ .

On peut retrouver ce résultat par une approche différente : si l'on porte sur un graphique les tailles en fonction de l'âge on obtient une courbe dont la pente est d'autant plus faible que l'âge est plus élevé : c'est le cas très général des poissons mais aussi de bon nombre de crustacés et de lamellibranches. Autrement dit, la vitesse de croissance en longueur semble décroître continûment et il existe une asymptote parallèle à l'axe des temps. La croissance des individus est donc limitée et l'on peut admettre que la vitesse de croissance est proportionnelle à l'écart entre la taille maximale et la taille observée (1).

C'est ce que l'on peut constater fréquemment en dressant le graphique de la vitesse de croissance en fonction de la taille; il est souvent assimilable à une droite qui coupe l'axe des  $L$  pour une valeur correspondante à celle de l'asymptote à la courbe  $L = \varphi(t)$ , valeur que l'on note  $L_\infty$  (fig.61). Il lui correspond une équation de la forme  $\frac{dL}{dt} = k(L_\infty - L_t)$ , où  $k$  est une constante, équation semblable à celle trouvée précédemment.

En intégrant et en appelant  $t_0$  l'âge théorique pour lequel  $L_t = 0$  il vient l'équation bien connue  $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$  d'où l'on déduit, en supposant que la relation longueur-poids est de la forme  $W = a L^b$ ,  $W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$  ou  $W_\infty = a L_\infty^b$  (2). La figure 62 représente les courbes correspondantes.

On doit accorder une attention particulière à la signification des trois paramètres  $k$ ,  $L_\infty$  et  $t_0$ .

Il faut d'abord souligner que l'ajustement effectué n'a de valeur que dans l'intervalle d'observation (Le Guen, 1971). L'extrapolation imprudente de ces résultats pouvant conduire à des interprétations cocasses (Knight, 1968).

Des trois paramètres du modèle de croissance en longueur, seul  $k$  a une signification concrète :  $k$  représente la pente de la droite reliant  $\frac{dL}{dt}$  à  $L_t$ . On peut donc dire que  $k$  correspond à la diminution de la vitesse de croissance (c'est à dire aussi la plus ou moins grande concavité de la courbe)

(1) Cette assertion peut être discutable quand la longévité est élevée. C'est ainsi par exemple que Beverton et Holt (1957) ont montré que les croissances annuelles de la plie et de la morue en mer du Nord n'étaient pas toujours décroissantes quand l'âge augmente. Dans le même ordre d'idées, A.J. Hopson (1972) trouve que chez les *Lates niloticus* du lac Tchad l'accroissement annuel est constant entre 5 et 10 ans (ce résultat n'a cependant pas été confirmé par Loubens, 1974). Quoi qu'il en soit dans le cas des *Alestes baremose* et - plus généralement - dans celui des espèces tropicales à faible longévité, l'hypothèse reste tout à fait admissible.

(2) On montre que le point d'inflexion de  $W(t)$  se situe pour  $t_i = \frac{L_\infty b}{k} + t_0$  tel que  $L_{t_i} = 2/3 L_\infty$  et  $W_{t_i} = (2/3)^3 W_\infty$  ou  $0,296 W_\infty$ , quand  $b = 3$ .

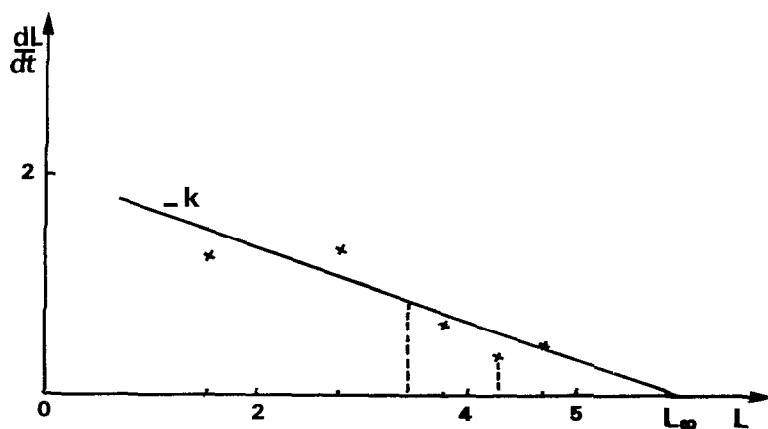


Figure 61 Relation entre la taille  $L_t$  et la vitesse de croissance  $\frac{dL}{dt}$ .

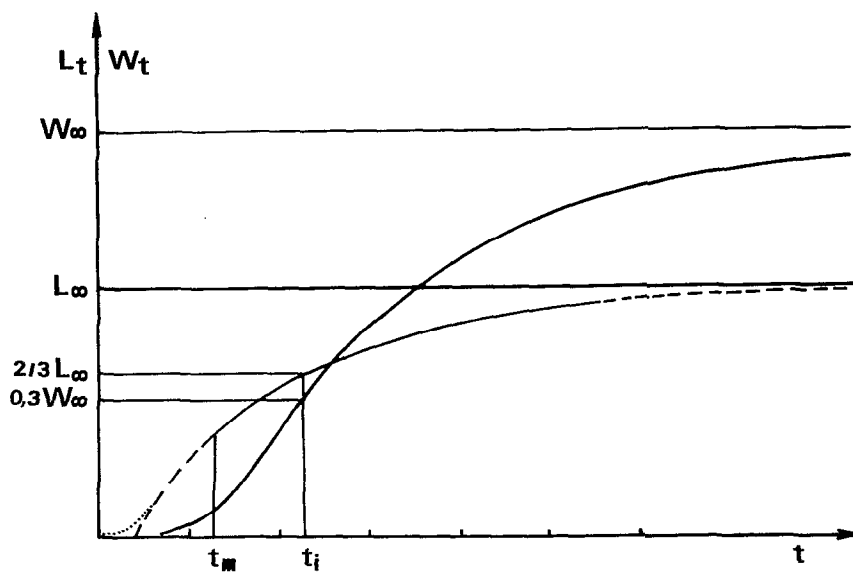


Figure 62 Courbes de croissance en longueur et en poids théoriques correspondant au modèle de Von Bertalanffy.

ou la vitesse d'approche de l'asymptote.

$t_0$  quant à lui n'a pas de signification biologique. C'est en effet l'âge théorique pour lequel la longueur est nulle. Or les larves ont une certaine taille dès l'éclosion (de l'ordre de 5 à 6 mm dans le cas des *Alestes baremoze*) et le modèle est donc inadapté en toute rigueur pour les âges très faibles (ce qui au reste n'a pas d'importance, les premières lectures d'âge se situant toujours à un âge  $t_m$ , sensiblement supérieur à  $t_0$ , figure 62).

On assimile couramment  $L_\infty$  à la taille maximale moyenne atteinte par les individus les plus âgés. Ce rapprochement ne peut être fait qu'à deux conditions : que les lectures d'âge comprennent les individus les plus âgés et que ceux-ci aient une croissance pratiquement nulle. C'est le cas des *Alestes baremoze*. Cependant, et très généralement, les observations n'englobent pas tous les âges de l'espèce, les valeurs de  $L_\infty$  sont alors notablement surestimées. Le Guen (1971) le démontre pour les *Pseudotolithus typus* du Congo. On peut aussi trouver des espèces dont les individus âgés présentent une croissance encore appréciable, là aussi les valeurs de  $L_\infty$  peuvent être très supérieures aux tailles maximales observées (cas des *Lates niloticus* du Tchad; Loubens, 1974).

## 1.2 DETERMINATION DES COURBES DE CROISSANCE

Deux approches distinctes sont possibles :

### - a) Rétrocalcul

On effectue des mensurations sur les écailles. La connaissance de la relation entre la taille du poisson et la taille de l'écaille permet ensuite d'estimer la taille atteinte à chaque âge. C'est cette méthode qui a été utilisée pour nos premières observations (Durand et Loubens, 1969) et pour la cuvette nord (J. Hopson, 1972). Le rétrocalcul peut introduire des biais - en particulier en sous-estimant souvent la taille maximale atteinte - mais ne demande que des calculs relativement simples.

### - b) Relation directe âge-taille

Dans cette méthode, on ne passe plus par l'intermédiaire de la croissance de l'écaille. A chaque taille on associe un âge, déduit du nombre de marques et des dates de naissance des poissons capturés. Cette démarche, plus sûre, suppose que l'on puisse déterminer correctement l'âge du poisson quelle que soit sa taille.

Le rétrocalcul a été effectué, une fois calculées les relations  $L/D$ , par la méthode de Ford-Walford; pour exploiter la relation directe âge-

taille, on a utilisé la méthode de Tomlinson-Abramson.

### 1.21 Méthode de Ford-Walford (1946)

Cette méthode s'applique à des tailles observées correspondant à des âges régulièrement espacés d'un intervalle de temps T (dans le cas présent, une année).

$$\text{On a au temps } t+T \quad L_{t+T} = L_{\infty} [1 - e^{-k(t+T-t_0)}]$$

d'où l'on déduit facilement  $L_{t+T} - L_t = (L_{\infty} - L_t) (1 - e^{-kt})$

soit ici :  $L_{t+1} = e^{-k} L_t + e^{-k} L_{\infty}$ .

C'est l'équation d'une droite de pente  $e^{-k}$  et coupant la première bissectrice des axes au point correspondant à  $L_{t+1} = L_t = L_{\infty}$  (fig.69). Plutôt que de se contenter d'une méthode graphique peu précise, il vaut mieux utiliser l'axe majeur réduit  $\frac{L_{t+1} - L_{t+1}}{\sigma_{L_{t+1}}} = \frac{L_t - L_t}{\sigma_{L_t}}$  en introduisant éventuellement

une pondération adéquate à chaque âge. On calcule ensuite facilement k.  $t_0$  peut être obtenu en déterminant la droite

$$\text{Log } (L_{\infty} - L_t) = -kt + (\text{Log } L_{\infty} + kt_0)$$

à partir des couples  $[\text{Log } (L_{\infty} - L_t), t]$ .

### 1.22 Méthode de Tomlinson-Abramson (1961)

La méthode des moindres carrés de Tomlinson et Abramson s'inspire de celle de Pimentel-Gomes (1953) pour déterminer les paramètres de l'équation de Mitscherlich  $y = A[1 - 10^{-c(x+b)}]$ .

Nous empruntons à Le Guen (1971) la description succincte du principe de la méthode.

$$\text{Soit} \quad Q = \sum_{i,j} \left\{ l_{ij} - L_{\infty} [1 - e^{-k(t_j - t_0)}] \right\}^2$$

$$i = 1, \dots, r_j$$

$$j = 1, \dots, p$$

où  $r_j$  est le nombre de poissons échantillonnés pour le  $j^{\text{ième}}$  groupe d'âges et p le nombre des groupes d'âges.

La condition nécessaire mais non suffisante pour que la fonction Q passe par un minimum est que les dérivées partielles par rapport à  $L_{\infty}$ , k et  $t_0$  soient nulles.

On a donc :

$$\begin{aligned} \sum_{i,j} l_{ij} - nL_{\infty} + L_{\infty} e^{kt_0} \sum_{i,j} e^{-kt_j} &= 0 \\ \sum_{i,j} l_{ij} t_j e^{-kt_j} - L_{\infty} \sum_{i,j} t_j e^{-kt_j} + L_{\infty} e^{kt_0} \sum_{i,j} t_j e^{-2kt_j} &= 0 \\ \sum_{i,j} l_{ij} e^{-kt_j} - L_{\infty} \sum_{i,j} e^{-kt_j} + L_{\infty} e^{kt_0} \sum_{i,j} e^{-2kt_j} &= 0 \end{aligned}$$

Dans ces équations on a :

$l_{ij}$  = longueur du  $i^{\text{ième}}$  poisson du  $j^{\text{ième}}$  groupe d'âge

$t_j$  = âge du poisson dans le  $j^{\text{ième}}$  groupe d'âge,  $t_1 = 0$

$t_0$  = âge hypothétique pour la longueur 0

$L_{\infty}$  = taille maximum théorique

$k$  = constante traduisant la courbure de la courbe de croissance

$n = \sum r_j$

$L_{\infty}$ ,  $k$  et  $t_0$  sont les trois paramètres recherchés.

Suivant la méthode de Pimentel-Gomes, Tomlinson et Abramson ont posé :  $t_j = m_j q$  où  $q$  est un intervalle entre les âges et  $m_j$  un multiplicateur.

Ils ont aussi posé :  $z = e^{-kq}$ .

Les trois équations précédentes peuvent alors s'écrire

$$\begin{aligned} \sum_{i,j} l_{ij} - L_{\infty} \times n + L_{\infty} e^{kt_0} \times \sum_{i,j} z^{m_j} &= 0 \\ \sum_{i,j} t_j l_{ij} z^{m_j} - L_{\infty} \times \sum_{i,j} t_j z^{m_j} + L_{\infty} e^{kt_0} \times \sum_{i,j} t_j z^{2m_j} &= 0 \\ \sum_{i,j} l_{ij} z^{m_j} - L_{\infty} \times \sum_{i,j} z^{m_j} + L_{\infty} e^{kt_0} \times \sum_{i,j} z^{2m_j} &= 0 \end{aligned}$$

Si une solution à ces trois équations existe, on a :

$$\begin{vmatrix} \sum_{i,j} l_{ij} & n & \sum_{i,j} z^{m_j} \\ \sum_{i,j} t_j l_{ij} z^{m_j} & \sum_{i,j} t_j z^{m_j} & \sum_{i,j} t_j z^{2m_j} \\ \sum_{i,j} l_{ij} z^{m_j} & \sum_{i,j} z^{m_j} & \sum_{i,j} z^{2m_j} \end{vmatrix} = 0$$

Les ordinateurs permettent, par approximation successives, de rechercher la valeur de  $z$  qui résout ce déterminant.  $z$  étant ainsi trouvé, on en déduit facilement  $k$  :

$$(z = e^{-kq}) \text{ et ensuite } L_{\infty} \text{ et } t_0.$$

Cette procédure est théoriquement beaucoup plus satisfaisante que les méthodes précédentes car, sous réserve que certaines conditions de normalité soient satisfaites, elle donne les meilleures estimations statistiques de  $k$ ,  $L_{\infty}$  et  $t_0$  et les erreurs standard de ces estimations.

En pratique le nombre de groupes d'âge, *p*, peut être très élevé (100 dans la version du programme que nous avons utilisée) ce qui permet d'introduire les âges réels observés individuellement au mois près dans le cas des *Alestes baremoze*, puisque l'âge maximal observé est de l'ordre de 6 à 7 ans et que la date de naissance est connue avec précision.

## 2 - CROISSANCE EN LONGUEUR

### 2.1 LES ÉCAILLES (1)

En principe, tous les organes calcifiés d'un poisson sont susceptibles de témoigner des diverses étapes de la croissance; dans le cas des *Alestes baremoze*, seules les écailles ont paru montrer des structures intéressantes.

#### 2.11 Méthodes d'étude

Les écailles des *Alestes baremoze* sont cycloïdes et assez grandes. On compte 44-51 écailles en ligne latérale, sept et demi à neuf et demi (généralement huit et demi) au-dessus de la ligne latérale en avant des ventrales et deux entre la ligne latérale et le processus axillaire de la ventrale (Blache, 1964). Dans la région centrale du corps où sont faits les prélèvements, l'écaille est généralement de forme régulière, assez symétrique. Les radii, le plus souvent bien marqués, convergent sans atteindre le centre de l'écaille, ou nucleus, à partir duquel sont prises les mesures (fig.63). Les cercles, bien marqués et concentriques, couvrent les champs dorsal, cranial et ventral. Ils suivent grossièrement la direction du bord de l'écaille dans le champ cranial et s'en éloignent dans les champs dorsal et ventral où ils sont souvent en discordance avec lui. Le secteur caudal correspond à la partie visible de l'écaille en place; cette zone ne présente pas de structure bien nette et ne peut être utilisée pour les lectures d'âge (fig.63).

Pour les observations et les mesures, les écailles sont toujours

---

(1) Ce paragraphe correspond, pour l'essentiel, à celui de notre publication antérieure: Durand et Loubens (1969).

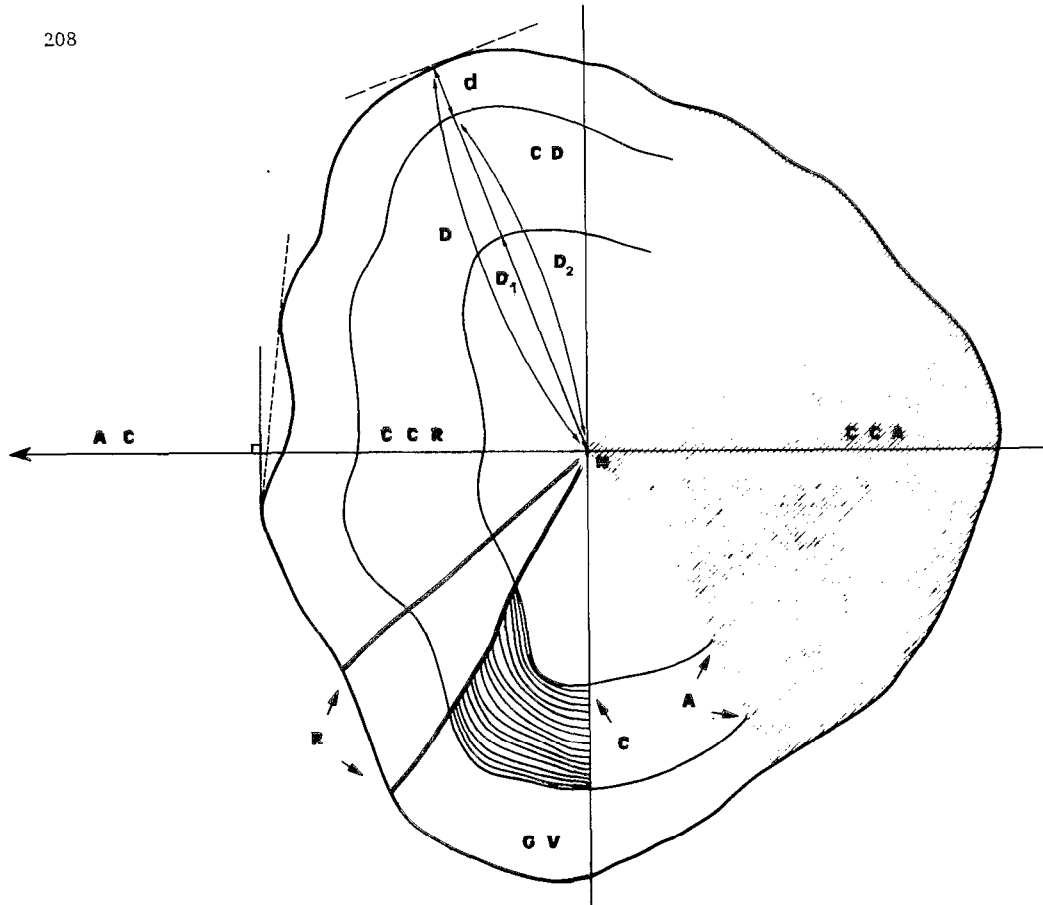


Figure 63 Schéma d'une écaille d'*Alestes baremoze*.  
 CD : champ dorsal; CV : champ ventral; CCR : champ cranial;  
 CCA : champ caudal; N : nucléus; C : circuli; A : annuli;  
 R : radii; AC : axe du corps.

placées de la même façon; en pratique, l'orientation est indiquée par la forme générale de l'écaille. Celle-ci présente dans la plupart des cas une légère dissymétrie (fortement accentuée pour les écailles des autres régions du corps); le champ cranial possède sur son bord antérieur deux proéminences arrondies dont la plus forte se trouve en position inférieure (fig.63).

Le prélèvement a toujours été effectué sur le flanc gauche, dans les première et deuxième rangées épaxiales, à l'aplomb de la dorsale. Parmi les écailles ainsi choisies - dix au total - cinq sont examinées et les mesures effectuées sur la plus grande d'entre elles. Grandes et minces, elles sont faciles à prélever, nettoyer et examiner : un simple passage préalable dans une solution de potasse à 5% est effectué pour les écailles des *Alestes baremoze* adultes sur lesquelles l'épiderme peut gêner l'observation. La lecture est ensuite effectuée en milieux aqueux au moyen d'une loupe binoculaire.

Suivant la méthode classique nous avons noté pour chaque poisson la longueur standard ainsi que les distances du centre de l'écaille aux



différents annuli ( $D_1$ ,  $D_2$  ...) et à son bord ( $D$ ) distances mesurées sur l'axe choisi (1). La relation taille du poisson-taille de l'écaille est ensuite déterminée et l'on peut en déduire les tailles moyennes à l'apparition des annuli. D'autre part, l'étude de la distance entre le bord et le dernier annulus ( $d$ ) permet de préciser leur époque de formation. Il s'agira de  $d_1$  pour un individu à 1 annulus,  $d_2$  pour un individu à 2 annuli, etc ...

## 2.12 Les annuli

Les circuli correspondent aux rangées successives de scléroblastes distaux dont la sécrétion en excès de matière calcaire donne naissance à ces crêtes concentriques. Chez les *Alestes baremoze* ces figures sont normalement assez continues et peuvent en général se suivre facilement sur toute l'écaille malgré les interruptions dues aux radii.

Si l'on examine une écaille d'*Alestes baremoze* dans sa première croissance, on s'aperçoit que les circuli dessinent des arcs ouverts de deux types. Certains, les plus proches du centre, sont entièrement contenus à l'intérieur de l'écaille; leurs extrémités inférieure et supérieure viennent s'appuyer sur le champ caudal. Les plus externes, au contraire, se terminent dans les champs dorsal et ventral, sur le bord de l'écaille, les circuli se fermant peu à peu au fur et à mesure de l'apport périphérique.

Sur une écaille d'individu plus âgé, il existe de temps à autre des zones d'irrégularité dans l'arrangement des circuli : on voit alors des circuli d'un nouveau type qui ne se terminent ni sur le bord de l'écaille, ni sur les frontières du champ caudal. Ils s'arrêtent à l'intérieur de l'écaille et sont interrompus obliquement par d'autres circuli. La ligne de recoupement des circuli les plus centraux par les circuli externes correspond à l'annulus que nous définirons comme la discordance entre deux zones adjacentes de circuli disposés différemment dans chacune de ces zones. Cette discordance est liée à un arrêt de croissance de l'écaille; l'annulus représente la position du bord de l'écaille au moment de l'arrêt de croissance, les circuli néoformés s'ordonnant obliquement par rapport aux précédents et presque parallèlement à ce bord lors de la reprise de croissance (fig.64). Ce mode de formation explique, en particulier, que l'annulus ne soit pas en général visible sur toute l'écaille et que la rupture franche de la direction des circuli ne soit nette que sur les flancs de l'écaille et rarement dans le champ cranial.

Nous n'avons accordé la valeur d'un annulus qu'aux marques observées avec une netteté suffisante sur la majorité des écailles examinées et se retrouvant au même emplacement sur celles-ci. Un cas particulier se

(1) Quand le nucleus n'est pas délimité avec précision, les écailles ont été systématiquement éliminées (écailles macrocentriques de Daget, 1956).

Zone de discordance  
des circuli (= annulus)

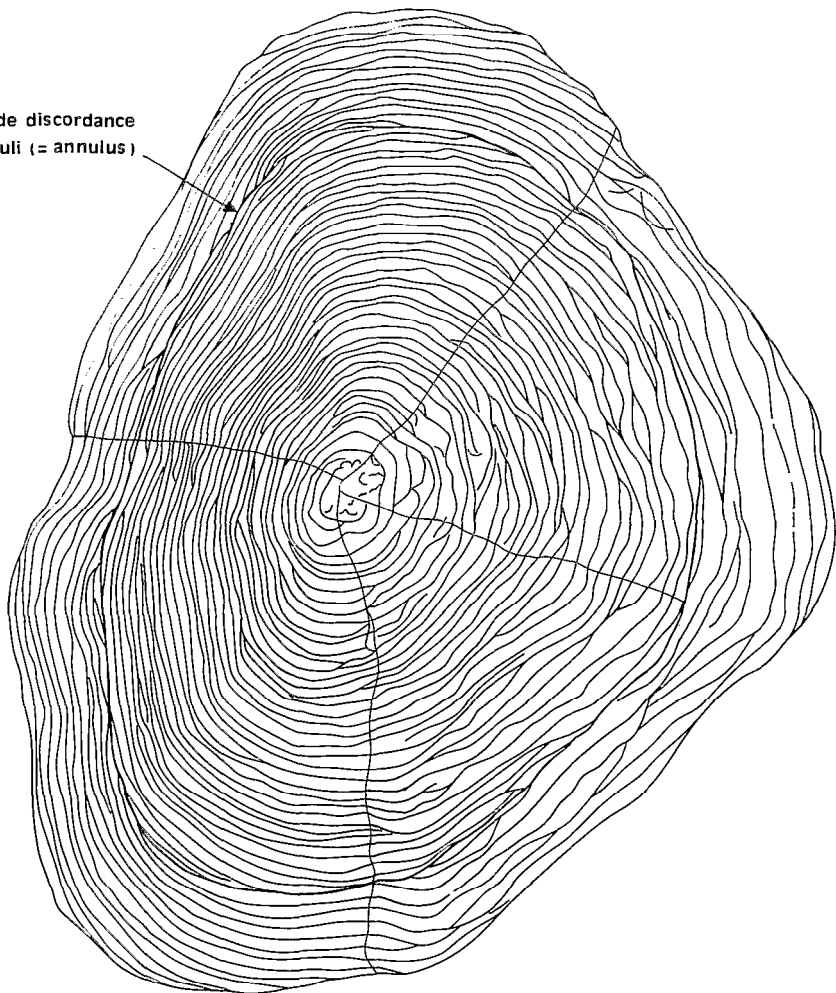


Figure 64 Ecaille d'un jeune *Alestes baremoze* avant subi un arrêt de croissance.

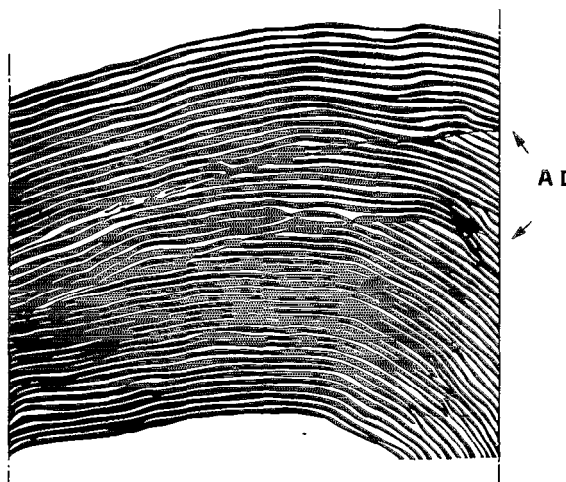


Figure 65 Exemple d'un annulus double (AD).  
Portion du champ ventral d'une  
écaille d'*Alestes baremoze* adulte  
(G X 50).

présente quand on observe des marques nettes mais très rapprochées, au nombre de 2 ou 3. Il est probable alors - sauf conditions d'existence extrêmement précaires, cas où l'espace très réduit entre deux annuli peut correspondre à une croissance annuelle - qu'il s'agit là d'une croissance qui a démarré prématurément et qui a repris ensuite après une courte interruption. On a généralement accordé la valeur d'une marque annuelle à ces annuli doubles (fig.65) ou triples, en leur attribuant comme distance au centre la moyenne des distances des marques individuelles.

### 2.13 Epoques et durées des arrêts de croissance

Les discordances de disposition des circuli formant une ligne régulière à peu près parallèle au bord de l'écaille, plus ou moins visibles dans tout le champ antérieur, et se retrouvant au même endroit sur toutes les écailles de la série examinée, ou annuli, traduisent un changement physiologique profond. Peuvent-ils être interprétés comme le signe d'arrêt de croissance en longueur ? Ainsi que nous le verrons plus loin, les tailles moyennes à l'apparition des annuli successifs s'élèvent régulièrement et montrent que ces marques sont bien liées à la croissance.

Nous allons vérifier, en séparant les jeunes et adultes, que les marques lues sur les écailles sont bien reliées à la croissance et seulement à celle-ci. Pour estimer la durée de l'arrêt de croissance nous ferons l'hypothèse (bien que quelques expériences (De Bont, 1967) l'infirmant quelquefois) que le dépôt de l'annulus est concomitant de la reprise de croissance.

#### 2.131 Chez les jeunes

Cette étude est menée sur des individus jeunes ayant un ou deux annuli par l'examen de la zone périphérique de l'écaille. On mesure la distance du dernier annulus au bord de l'écaille, distance mesurée sur l'axe dorso-cranial. Il s'agira de  $d_1$  pour un individu à un annulus,  $d_2$  pour un individu à deux annuli.

#### 2.1311 Système fluvial

Le tableau LII indique les valeurs de  $\bar{d}_1$  et  $\bar{d}_2$  et leurs limites de variation pour des échantillons du réseau fluvial. Ces poissons ont en commun d'être très peu nombreux, les poissons à deux annuli plus encore que

ceux ayant une seule marque. Ils ne doivent donc représenter qu'une petite fraction de l'ensemble des jeunes de cette taille qui se tiennent plutôt dans le lac et ne remonteraient que plus tard dans les fleuves.

Pour les poissons à un annulus, la croissance a déjà repris en mars-avril et se poursuit dans les mois qui suivent. Certains échantillons ne sont pas importants et il est préférable de regrouper ceux qui ont été prélevés à des dates semblables (tableau LII). On dispose ainsi d'un échantillon de 177 individus capturés début avril (échantillon 7) et d'un échantillon de 82 individus correspondant à peu près au 20 juin (échantillon 8). Il y a donc deux mois et demi d'écart durant lesquels la croissance de l'écaille a été de 9,19 u. (1). Si l'on suppose que la vitesse de croissance reste constante, on voit que la croissance aurait repris environ  $\frac{4,71 \times 75}{9,19} = 38$  jours avant le début du mois d'avril, c'est-à-dire, à la fin de février. On verra plus loin (tableau LIV) que la croissance moyenne totale de l'écaille entre le premier et le deuxième annulus pour les individus pris dans le fleuve est d'environ 26 unités; le même calcul que précédemment situe vers début octobre la fin de la période de croissance.

Les limites indiquées sont très approximatives, car la vitesse de croissance ne reste pas constante. D'autre part les mesures sont peu précises surtout au moment de la reprise de croissance et il existe probablement de fortes variations interannuelles. Nous retiendrons seulement l'existence d'un arrêt de croissance de plusieurs mois à la fin de l'année et au début de l'année suivante.

Un cas particulier est celui des individus qui sont restés à la décroissance dans les petites mares résiduelles des bras intermittents du fleuve (échantillon 5). Ces mares restent isolées quatre à cinq mois : le volume disponible se réduit peu à peu tout le long de la saison sèche, la densité des poissons survivants augmente et la concurrence pour la nourriture y est forte. L'échantillon 5 correspond à une pêche au poison faite dans une mare d'un dixième d'hectare et 700 m<sup>3</sup>, renfermant plus de 4.000 poissons - dont plus de 500 *Alestes baremose* - appartenant à 49 espèces. On comprend que dans ces conditions la croissance soit très fortement ralentie. C'est ce que montre la valeur de  $\bar{d}_1$  pour cet échantillon qui est environ sept fois plus faible que pour les individus du fleuve (échantillon 4). Une autre particularité de cet échantillon est la forte proportion des annuli doubles qui atteint ici 41% alors que dans l'échantillon 4 issu du fleuve, elle n'est que de 10%. Ces annuli doubles semblent indiquer une première reprise de croissance, arrêtée peu après, suivie d'une deuxième reprise. Ce démarrage hésitant se rencontrerait plus fréquemment chez les individus des mares placés dans de plus mauvaises conditions que ceux du fleuve.

---

(1) u. représente l'unité de mesure de l'écaille au grossissement 12.

Tableau LII Distance du dernier annulus au bord de l'écaille  
pour les jeunes *Alestes baremoze* du Chari et du  
Logone.

$1^+$ (1)	Lieux	Dates	$\bar{d}_1$ (u.)	Limites	N
1 ...	Mailao	31/3-6/4/66	4,85	1-8	165
2 ...	Mailao	5-7/6/66	11,71	1-18	14
3 ...	Mailao	3-8/4/67	2,83	0,5-5	12
4 ...	Mailao	22/6/67	14,35	8-20	68
5 ...	Mailao	27/6/67	2,01	1-4	83
6 ...	Mailao	13/3/68	1,43	0,5-3	15
7 (1+3) ...		début avril	4,71	0,5-8	177
8 (2+4) ...		vers le 20 juin	13,90	1-20	82
$2^+$	Lieux	Dates	$\bar{d}_2$ (u.)	Limites	N
9 ...	Mailao	13/3/68	3,00	2-4	2
10 ...	Mailao	31/3-6/4/67	6,33	5-8	3
11 ...	Mailao	4-7/4/67	5,44	2-11	18
12 ...	Mailao	5-7/6/66	4,79	2-11	18
13 ...	Mailao	22-26/6/66	6,51	0-17	33
14 ...	Logone-Gana	19-20/7/67	3,41	0,5-13	29
15 ...	Mailao	1-2/8/66	8,57	3-13	7
16 ...	Mailao	28-30/9/67	4,00	2-9	10
17 ...	Logone-Gana	2-4/11/67	10,33	3-14	6
18 ...	Logone-Gana	28-30/12/67	11,10	7-14	10
9 à 11 ...		13/3-7/4	5,35	2-11	23
12 et 13 ...		5/6-26/6	5,88	0-17	52
14 à 16 ...		19/7-30/9	5,60	0,5-13	46
17 et 18 ...		2/11-30/12	10,81	3-14	16

- (1) Nous avons choisi la notation  $1^+$ ,  $2^+$  ... ici pour désigner des poissons ayant 1,2 ... marques sur leurs écailles. D'après la date de naissance moyenne et la durée des arrêts de croissance,  $1^+$  correspond à sept à dix-huit mois,  $2^+$  à dix-neuf à trente mois etc ...

En ce qui concerne les poissons ayant deux marques sur leurs écailles, les résultats sont assez disparates. La croissance a déjà nettement repris début avril, mais au lieu de se poursuivre à un rythme normal, elle semble pratiquement stoppée jusqu'en septembre. Il est probable que les quelques jeunes à deux annuli qui restent dans le fleuve ne trouvent pas aux basses eaux des conditions qui leur conviennent.

## 2.1312 Archipel sud-est

Les échantillons de jeunes présentant un ou deux annuli sont classés chronologiquement dans le tableau LIII.

Tableau LIII Distance du dernier annulus au bord de l'écaille pour les jeunes *Alestes baremoze* de l'archipel sud-est.

$1^+$	Dates	$\bar{d}_1(u.)$	Limites	N
Bol	27/4-1/5/66	6,47	2-10	203
	30/6-4/7/66	12,28	6-20	53
	24/2-2/3/67	1,95	0- 6	28
	3/4/68	2,13	0,5-4	12
	20-27/6/68	8,70	5-15	10
Lafia	15-30/1/72	29,13	16-35	40
	15-30/4/71	7,43	3-12	40
	15-30/4/72	6,01	3-11	40
	1-15/8/71	18,34	8-26	40
	15-30/8/72	13,21	7-18	40
$2^+$	Dates	$\bar{d}_2(u.)$	Limites	N
Bol	26/2-2/3/67	1,06	0- 4	101
	5-6/5/68	7,70	5-13	54
	12-25/8/66	14,00	9-20	27
Lafia	15-30/1/72	12,08	6-21	40
	15-30/5/71	6,87	4-13	40
	15-30/8/72	9,44	4-15	40

Les valeurs de  $\bar{d}_1$ , très faibles fin février et début avril, s'élèvent ensuite, indiquant là aussi un arrêt de croissance de saison fraîche. En 1966,  $\bar{d}_1$  passe de 6,47 à 12,28 en 64 jours; en supposant comme pour le fleuve que la vitesse de croissance reste approximativement constante tout se passe comme si la croissance avait repris en février (fig.66).

De même, en 1971, l'extrapolation des valeurs d'avril et août conduit à une reprise de croissance en février (fig.66). En tenant compte du fait que la croissance moyenne annuelle entre le premier et deuxième annulus est de l'ordre de 26 u., il faut 285 jours en 1966 et 250 en 1971 pour l'accomplir. Il est en fait probable que la croissance de 1971 a été supérieure à la moyenne ainsi que l'indique la valeur de janvier 1972 : 29,13 u. Les échantillons de février-mars 1967 et d'avril 1972 confirment l'estimation de 1966. En 1968, par contre, la croissance paraît avoir repris plus tardivement, mais les effectifs sont faibles. Enfin, la valeur de  $\bar{d}_1$  en août 1972 est particulièrement basse.

Les observations effectuées sur des *Alestes baremoze* présentant deux annuli confirment l'arrêt de croissance d'hiver (fig.66) avec une reprise de croissance en février. Il semble bien que la croissance ne soit pas régulière puisque les valeurs trouvées en mai 1968 et 1971, après trois mois de reprise de croissance, sont de l'ordre de 7 u. pour une croissance moyenne entre les deuxième et troisième annuli de 12 à 13 u. environ en neuf mois. Ceci est peut-être en rapport avec la maturité sexuelle, mais il s'agit d'années d'observation différentes et il vaut mieux ne pas trop pousser les hypothèses (1).

## 2.132 Chez les adultes

Chez les grands adultes la zone périphérique de l'écaille est toujours difficile à observer. Il est probable que les mêmes facteurs qui provoquent chez les jeunes à un ou deux annuli un arrêt de croissance, entraînent les mêmes conséquences pour eux et nous supposons qu'ils subissent eux aussi, un arrêt de croissance en hiver. Cependant, il reste un problème important à résoudre à leur sujet, celui des marques de reproduction observées chez d'assez nombreuses espèces de poissons. Si celle-ci se traduit par un annulus supplémentaire, il y aurait deux annuli par an et non un seul.

Les tailles moyennes des *Alestes baremoze* à la maturité sexuelle, calculées à partir de l'examen des gonades au cours de la période de maturation génitale, sont d'environ 18 cm pour les mâles et 21 cm pour les

(1) Ce d'autant plus, qu'il n'a pas été tenu compte dans ces préliminaires des différences entre sexes, pourtant notables, ainsi que nous le verrons plus loin.

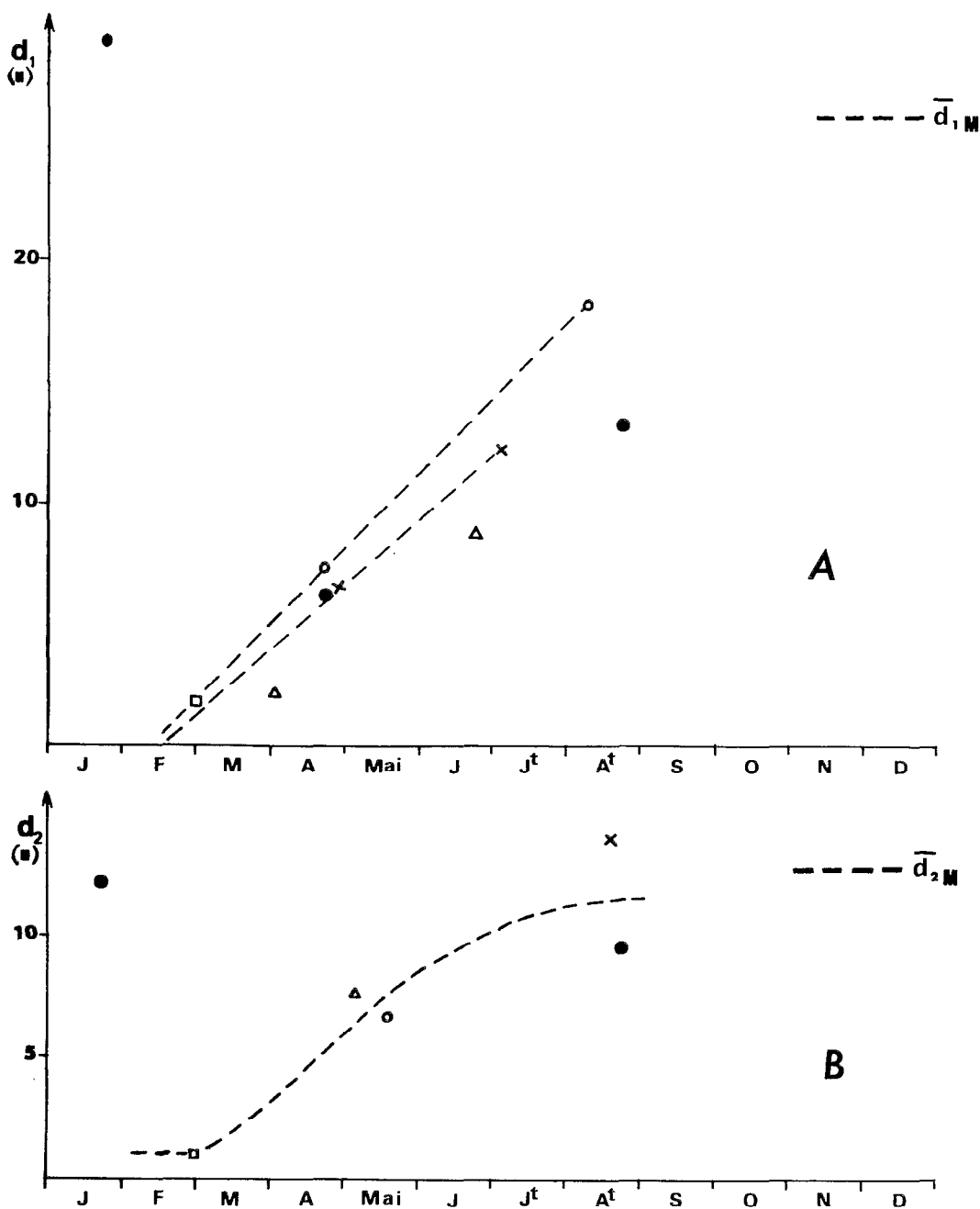


Figure 66

Jeunes de l'archipel sud-est : distance entre le dernier annulus et le bord. A : poissons à un annulus; B : poissons à deux annuli. (1966 : x ; 1967 : □ ; 1968 : Δ ; 1971 : ○ ; 1972 : ●).  $\bar{d}_M$  désigne les valeurs moyennes pendant l'arrêt de croissance.



femelles. Ces tailles sont comprises entre les tailles moyennes atteintes à l'apparition des deuxième et troisième annuli (tableau LVII). C'est donc que la reproduction ne provoque pas en général la formation d'annulus sur les écailles, sinon les tailles de maturité sexuelle devraient être égales aux tailles moyennes à l'apparition du troisième annulus. Cela est confirmé par les résultats de lectures effectuées sur 14 individus pêchés à Bol du 22 au 23 octobre 1966 et venant juste d'atteindre la maturité sexuelle (tailles de 200 à 217 mm). Sur ces écailles, relativement claires, la valeur moyenne de  $\bar{d}$  trouvée est de 9,86 u. avec 2 et 20 comme limites. Il est peu probable que cette valeur élevée de  $\bar{d}$  corresponde à la croissance depuis la dernière reproduction qui a lieu un ou deux mois avant leur capture. En effet,  $\bar{d} = 9,86$  u. correspond à la moitié de la croissance totale entre le premier et le deuxième annulus, soit environ quatre à cinq mois.

On rencontre de temps en temps chez les adultes des marques très accusées ("blessures") qui tranchent complètement avec la disposition générale des circuli et des annuli et semble correspondre à une érosion des ailes des écailles modifiant passagèrement la forme générale de celles-ci. Cette marque est évidemment postérieure aux annuli et circuli qu'elle coupe (fig.67) et est généralement rencontrée identiquement sur les écailles d'un même poisson et

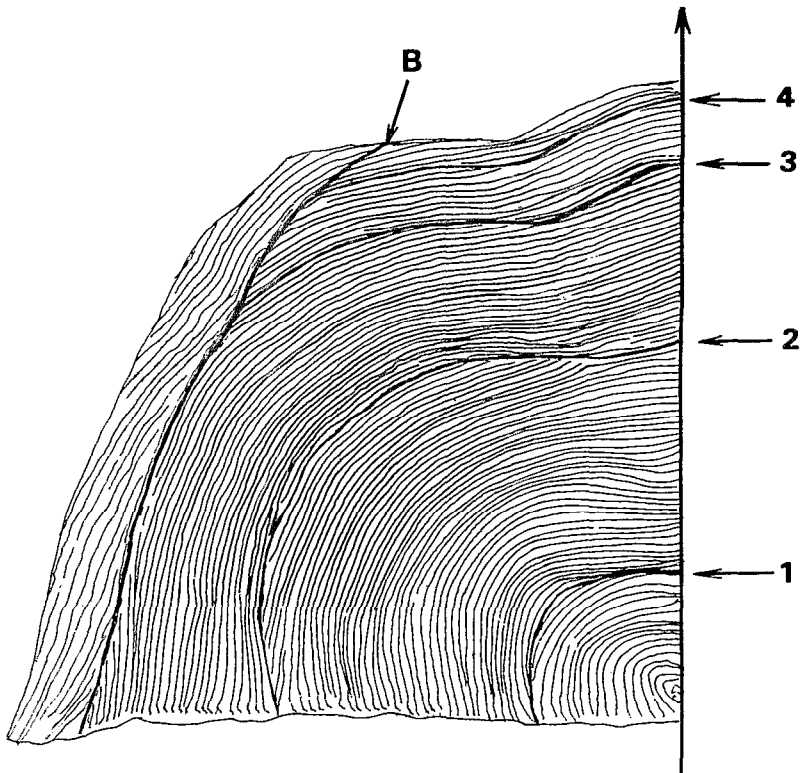


Figure 67 Exemple d'érosion d'écaille suivie d'une reprise de croissance (portion ventrale du champ cranial). L'érosion est postérieure au quatrième arrêt de croissance.

souvent sur des poissons d'un même groupe.

Elle est très généralement postérieure au deuxième annulus (1). Il est possible que ces structures correspondent à des marques de reproduction. Celles-ci ne seraient pas constantes et ne se déposeraient que dans des conditions particulières, équivalentes d'un stress physiologique. Leur aspect caractéristique ne peut entraîner aucune confusion avec les marques d'arrêt annuel de croissance.

Dans son étude des écailles des *Alestes baremoze* de la cuvette nord, J. Hopson (1972) trouve comme nous des marques annuelles de croissance déposées entre novembre et mars chez des adultes. La concordance est donc bonne sur ce point tant en ce qui concerne l'époque que la durée de l'arrêt de croissance. Par contre, cet auteur parle de "summer rings" qui apparaîtraient chez 30% des adultes et 35 à 40% des immatures de un à deux ans, ces annuli inconstants seraient déposés entre juillet et septembre et auraient autant de netteté que les marques de croissance chez les adultes. Nous pouvons seulement constater que nous n'avons pas rencontré leurs équivalents dans nos observations (y compris sur des échantillons de la cuvette nord). Par ailleurs, leur interprétation paraît délicate dans la mesure où ni le manque de nourriture, ni la reproduction - pour les immatures - ne peuvent être invoqués.

Quoi qu'il en soit, ceci n'infirme en rien les lectures d'âge et nous estimons donc, en accord avec J. Hopson, qu'il y a chez les *Alestes baremoze* du bas réseau fluvial et du lac Tchad un seul arrêt de croissance annuel s'étalant sur plusieurs mois à la fin de l'année et au début de l'année suivante.

### 2.133 Interprétation

Avant de chercher à expliquer les arrêts de croissance, il convient de séparer croissance en longueur et croissance en poids : la croissance en longueur est due à la croissance osseuse ou protéinique alors que la croissance en poids dépend aussi de l'accumulation plus ou moins temporaire de matières de réserve. La croissance en longueur reflète les conditions de vie mais avec du retard et sous l'influence de facteurs internes; la croissance en poids, elle, reflète au contraire presque immédiatement les conditions défavorables du milieu telles que l'absence de nourriture ou l'abaissement de température pouvant provoquer un ralentissement de l'activité du poisson. Croissance en longueur et croissance en

- 
- (1) Une exception remarquable doit cependant être notée : en février 1973, la majorité des écailles des *Alestes baremoze* mesurant de 150 à 180 mm (ayant donc 16 à 17 mois seulement) étaient érodées au bord. Ceci est sans doute en relation avec des conditions de milieu très difficiles (chapitre I).

poids ne sont pas directement liées et leurs variations ne sont pas toujours simultanées, surtout chez les adultes. Un arrêt de croissance en longueur ne signifie pas obligatoirement un amaigrissement. Au Mali, par exemple, les *Tilapia zillii* du fleuve Niger et les *Heterotis niloticus* du lac Débo restent en bonne condition malgré l'arrêt de croissance des basses eaux (Daget, 1956 et 1957); il en est de même pour les *Alestes baremoze* du lac Tchad.

Dans les pays tempérés, abaissement de la température et rareté de la nourriture se conjuguent pour inscrire sur les écailles observées en lumière transmise des zones d'hiver étroites et sombres alternant avec des zones d'été larges et claires. Dans les pays tropicaux on parle par analogie d'"hivers physiologiques", correspondant aux saisons durant lesquelles le poisson est soumis à de mauvaises conditions d'existence. Pour la plupart des espèces vivant en zone soudanienne, ces hivers correspondent aux périodes de basses eaux durant lesquelles les poissons se trouvent confinés dans le lit mineur, généralement sans nourriture suffisante et appropriée. C'est le cas des *Alestes baremoze* du moyen Niger (Daget, 1952).

La quantité de nourriture disponible n'est pas en cause, car les *Alestes baremoze* disposent toute l'année de zooplancton en abondance dans le lac Tchad. Quant aux individus capturés dans le réseau fluvial pendant la crue, ils proviennent sans doute en majorité du lac; leur pénétration dans le réseau fluvial à une époque où la nourriture disponible est rare se traduit en définitive par un amaigrissement considérable puisque le coefficient de condition moyen chez de grands adultes passe de 1,41 en mars à Djimtilo à 1,15 fin juillet à Maïlao, avant la saison de ponte. Mais cette perte de condition ne paraît pas accompagnée d'un arrêt de croissance en longueur. Celle-ci, de même que le développement des gonades, s'effectuerait à partir des réserves accumulées au cours du ou des séjours lacustres. Nous ignorons précisément quand se produit la reprise de croissance chez les adultes; on peut cependant penser que l'arrêt de croissance recouvre au moins les mois les plus froids, comme chez les jeunes *Alestes baremoze*.

L'arrêt de croissance coïncide donc avec les mois les plus froids de l'année. L'écart entre les températures moyennes de surface est de l'ordre de 8°C pour l'archipel sud-est et le Chari, il est encore supérieur dans la cuvette nord.

Cette amplitude est très suffisante pour qu'on puisse l'invoquer comme une cause possible de l'arrêt de croissance, Chevey (1933) ayant déjà montré sur *Synagrus japonicus* qu'un écart de 4°C se traduisait sur les écailles de ces poissons par des marques.

Ce résultat est du reste assez général en zone soudanienne puisque Daget l'avait déjà noté pour *Alestes baremoze* (1952) au moyen Niger; Jensen (1956, in J. Hopson 1972) pour les *Tilapia nilotica*, *Tilapia galilaea*, *Tilapia zillii* et *Lates niloticus* du lac Mariout en Egypte; nous

avons nous-mêmes constaté la présence de marques probablement d'hiver sur des *Alestes baremoze* de Côte d'Ivoire, respectivement originaires du barrage de Kossou et du Bandama (Loubens, coll.).

Enfin, dans le bassin tchadien plusieurs espèces présentent un phénomène analogue : *Lates niloticus* (A.J. Hopson, 1965 et 1972; Loubens, 1974); *Citharinus citharus* (Benech, 1974); *Hydrocynus forskalii* (Srinna, 1976); *Brachysynodontis batensoda* (Benech, 1975). Il est intéressant de noter ici que Benech (1974) fixe à 25°C environ la limite de température au-dessus de laquelle la croissance reprend pour les *Citharinus citharus*. Sans vouloir généraliser abusivement, il n'est pas inintéressant de remarquer que Lefrançois (comm. pers.) a constaté que la croissance des crocodiles (*Crocodylus niloticus*) de la zone deltaïque du Chari reprenait aussi autour de cette limite de 25°C.

## 2.2 RESULTATS

### 2.21 Scalimétrie

Sans que l'on connaisse nécessairement l'âge du poisson, il est possible d'étudier la croissance à partir de la série des annuli lisibles en partant du nucleus; dès que la valeur d'une marque est incertaine, les annuli plus périphériques ne sont plus utilisables. Les valeurs moyennes obtenues à l'apparition de ces premiers annuli lisibles permettent de donner une estimation de la croissance à condition qu'on soit capable de la traduire en termes de longueur de poisson, c'est pourquoi il faut d'abord calculer la - ou les - relations tailles de l'écaille-taille du poisson.

#### 2.211 Relations entre taille de l'écaille et taille du poisson

Des travaux antérieurs ont montré qu'il pouvait exister chez une même espèce, plusieurs relations L/D. C'est ainsi que d'après Garrod (1959), chez les *Tilapia esculenta* du lac Victoria, les résultats varient suivant la zone de prélèvement choisie sur le corps. De son côté, Daget (1962) a montré que, pour les *Sarotherodon galilaeus* du delta central du Niger, les relations variaient en fonction de la taille et des biotopes.

Ajoutons que les relations L/D peuvent dépendre de l'axe de mesure choisi sur l'écaille (axe cranial, axe dorso-cranial). Enfin, il

serait préférable, dans le cas où il existe une différence nette entre les sexes, de les séparer. L'hétérogénéité des relations  $L/D$  ou  $L/\Delta$  est donc probable et la diversité des sources de variation possible, évoquées ci-dessus, peut, dans certains cas, expliquer l'origine de biais, le rétrocalcul étant fait à partir d'une relation  $L/D$  particulière, ne représentant pas l'ensemble des poissons considérés. Nous avons donc préféré ici, dans l'impossibilité où nous étions de faire une analyse aussi poussée, réunir l'ensemble des lectures faites sur les individus des deux sexes, de toutes tailles et de toutes provenances.

Les valeurs moyennes de  $L$  pour les différentes valeurs de  $D$  ont été calculées afin de voir l'allure générale des variations de  $\bar{L}$  en fonction de  $D$  (fig.68).  $L$  est exprimé en millimètres et  $D$  en unités du micromètre au grossissement 12, notées  $u.$  dans le texte.

L'examen du graphique montre que la régression de  $L$  en  $D$  reste approximativement linéaire dans tout l'intervalle d'étude avec un changement de pente à partir de  $D = 70,5 u.$  Il y a bien des irrégularités dans la disposition des points mais pas d'affaissement ou de redressement de la ligne de régression pouvant faire songer à une relation allométrique entre  $L$  et  $D$ . Il ne semble pas, de plus, y avoir modification de la loi de corrélation dans la zone correspondant à la maturité sexuelle (18-21 cm). Nous sommes donc conduits à établir deux relations linéaires entre  $L$  et  $D$ , l'une pour  $D$  variant de 4,5 à 70,5 unités, l'autre pour  $D$  variant de 72,5 à 86,5  $u.$

Comme droites d'ajustement représentant au mieux l'ensemble des valeurs de  $L$  et  $D$ , on peut choisir l'axe majeur réduit ou les droites de régression. L'emploi de l'axe majeur réduit se justifie quand les deux variables sont elles-mêmes fonction d'un ou de plusieurs autres facteurs ce qui est le cas ici puisque taille de l'écaille et longueur du poisson sont toutes les deux dépendantes des facteurs réglant la croissance. Mais ici nous cherchons à exprimer  $L$  en fonction de  $D$  de la façon la plus exacte possible: toutes les valeurs de  $L$  correspondant à une valeur de  $D$  doivent donc être présentes. Lorsque l'on constitue ainsi le tableau de corrélation, les valeurs de  $L$  en fonction de  $D$  forment une distribution tronquée, à moins que l'on ne prenne  $L$  et  $D$  dans toute l'étendue de leur intervalle de variation. Or ce n'est pas le cas ici puisque l'on est obligé de tronçonner la distribution totale en deux parties en raison du changement de pente intervenant dans la ligne de régression. La distribution de  $D$  étant tronquée, son écart-type et sa moyenne ne sont pas exacts, l'équation de l'axe majeur réduit et, à plus forte raison, celle de la droite de régression de  $D$  en  $L$ , se trouvent faussées; nous avons donc choisi la droite de régression de  $L$  en  $D$ .

Pour  $D$  variant de 4,5 à 70,5  $u.$ , il y a 2.729 couples de valeurs  $L/D$  donnant un coefficient de corrélation élevé de 0,983. Les paramètres caractéristiques du tableau de corrélation sont les suivants :

$$\begin{array}{ll} \bar{D} = 37,523 & \bar{L} = 141,394 \\ \sigma_D = 17,63 & \sigma_L = 67,01 \end{array}$$

La droite de régression de L en D (fig.68) a pour équation :

$$L = 3,7350 D + 1,1542$$

Les écarts les plus grands entre la ligne et la droite de régression correspondent à 6 mm en ordonnée et se produisent dans les deux sens. L'axe majeur réduit a pour équation :

$$L = 3,8009 D - 1,1257$$

Il est extrêmement voisin de la droite de régression puisque l'écart maximum entre la droite de régression et l'axe majeur réduit aux limites de l'intervalle 4,5 / 70,5 u. n'atteint que 2 mm. La forte corrélation et le petit nombre de classes tronquées par rapport à l'ensemble des classes expliquent cette faible différence.

Pour D variant de 72,5 à 86,5 u., il y a 198 couples de valeur avec un coefficient de corrélation faible de 0,482. Les paramètres caractéristiques du tableau de corrélation sont les suivants :

$$\begin{array}{ll} \bar{D} = 75,5909 & \bar{L} = 270,20 \\ \sigma_D = 3,072 & \sigma_L = 12,58 \end{array}$$

La droite de régression de L en D a pour équation :

$$L = 1,1916 D + 121,1687$$

L'axe majeur réduit ( $L = 4,09 D - 39,34$ ) donne ici de très mauvais résultats, la distribution de D étant tronquée à sa limite inférieure; et ce biais a une forte influence étant donné le petit nombre total de mesures.

L'existence de deux droites de régression se rejoignant pour une longueur standard d'environ 260 mm ne peut s'expliquer par la maturité sexuelle, plus précoce. Il peut s'agir d'un phénomène physiologique n'intervenant que chez les individus les plus âgés; l'absence des mâles à partir de cette taille peut aussi intervenir. On ne peut écarter totalement enfin, la possibilité d'une déformation optique, pour les grandes écailles, aux extrémités du micromètre. Ceci expliquerait peut-être le fait que la taille relative des écailles des individus âgés augmente.

En ce qui concerne les *Alestes baremoxe* de la cuvette nord, J. Hopson (1972) a choisi deux paramètres différents des nôtres pour le calcul de la relation taille de l'écaille-taille du poisson : d'une part la longueur à la fourche ( $L_F$ ), d'autre part le rayon cranial ( $\Delta$ ).

Deux équations sont données :

$$\begin{array}{ll} 20 \leq L_F \leq 105 \text{ mm} & \Delta = 0,01085 L_F - 0,066 \\ 245 \leq L_F \leq 325 \text{ mm} & \Delta = 0,0117 L_F \end{array}$$

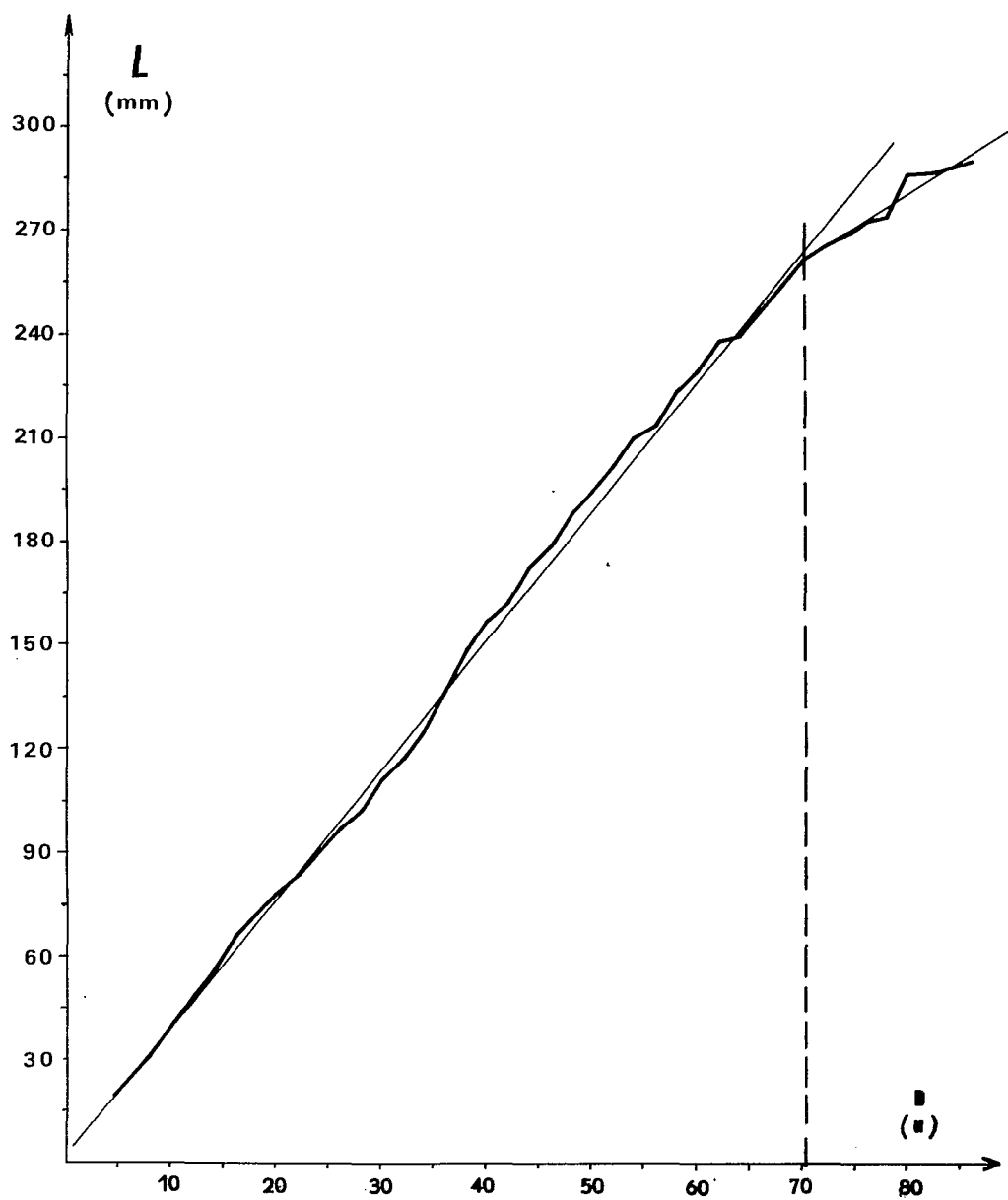


Figure 68 Relations entre la longueur standard  $L$  (mm) et le rayon dorsocranial de l'écaille  $D$  (u).

L'absence de données entre 110 et 240 mm correspond à la rareté des poissons de cette taille dans la région étudiée. Ces deux équations sont significativement différentes sans que l'on puisse en déduire que le rythme de croissance de l'écaille se modifie dans l'intervalle 110-240 ou peut-être (d'après la figure 7, J. Hopson, 1972) dans l'intervalle couvert par la deuxième relation, 245-325 mm.

Ces relations  $L/D$  et  $L_F / \Delta$  permettront de calculer les tailles moyennes à l'apparition des annuli.

#### 2.212 Croissance d'après rétrocalcul et Ford Walford

Nous reprenons ici l'essentiel des résultats de notre première publication (1969).

Ayant constaté que la distance au premier annulus était légèrement inférieure chez les poissons de l'archipel sud-est, nous avons conservé deux séries d'observations : l'une pour le lac (pêches de Bol), l'autre pour diverses stations du système fluvial qui ont été réunies (tableau LIV). Les tailles moyennes à l'apparition des différents annuli ont été déterminées à partir d'adultes pêchés en 1966 par le FM 30 donc des poissons mesurant 210 à 300 mm et âgés de trois à six ans.

Le dépouillement des observations a été effectué en éliminant d'une part les individus à écailles trop confuses pour être lues ou conduisant à un désaccord entre les deux observateurs, d'autre part les individus dits "aberrants" présentant des annuli d'abord très rapprochés puis beaucoup plus espacés, ou encore un premier annulus impliquant une croissance énorme. Le premier type d'aberration pourrait s'expliquer par l'existence dans certains cas d'une première reprise de croissance suivie d'un nouvel arrêt avant la reprise définitive; le deuxième type par le fait que le premier annulus n'a pas été vu ou que le poisson n'a pas subi d'arrêt de croissance la première année. Les écailles confuses représentent environ 8% et les écailles "aberrantes" 22% du total; 30% des écailles ont donc été rejetées. Enfin, un annulus double ou triple est mesuré en faisant la moyenne des valeurs obtenues pour chacun des composants de cet annulus.

Dans le tableau LIV, nous donnons les principales caractéristiques des distributions concernant la distance  $D$  à l'apparition des différents annuli.  $\bar{D}$  est exprimée en unités du micromètre au grossissement 12 (u.). On trouvera aussi pour chaque couple de valeurs mâle-femelle correspondant à un annulus de rang donné, les valeurs du  $t$  de Student-Fisher permettant de tester les différences entre sexes.

Les valeurs de  $\bar{D}$  sont plus fortes pour les femelles que pour les mâles : les écarts s'accroissent avec la taille et sont toujours significatifs



Tableau LIV Valeurs de  $\bar{D}$  à l'apparition des différents annuli en unités du micromètre à G X 12.

Régions et dates	Rang de l'annulus	Femelles			Mâles			t $\sigma^2_{\bar{q}}$
		$\bar{D}$	n	$\sigma^2/n$	$\bar{D}$	n	$\sigma^2/n$	
Archipel (Bol) 28 au 30/4/66	1	16,67	67	0,3651	15,86	43	0,4982	0,9
	2	43,75	67	0,4978	40,33	43	0,9505	2,8
	3	55,79	63	0,4692	50,90	42	0,9839	4,1
	4	61,83	48	0,6944	56,48	31	1,0008	4,1
	5	65,96	26	0,4595	59,62	18	1,5589	4,5
	6	(70,71)	(7)					
Réseau fluvial 23-4 au 7/6/66	1	20,33	163	0,1381	18,55	161	0,1445	3,4
	2	46,72	163	0,3102	43,46	161	0,2743	4,3
	3	59,06	162	0,2574	54,83	159	0,1759	6,4
	4	64,94	150	0,1880	59,34	110	0,1387	9,8
	5	68,96	91	0,2820	61,50	52	0,2474	10,1
	6	71,68	38	0,5209				

Tableau LV Longueurs standard observées (mm) à l'apparition des annuli.

Rang de l'annulus	Réseau fluvial				Archipel (Bol)			
	Femelles		Mâles		Femelles		Mâles	
	L	n	L	n	L	n	L	n
1	77,14	163	70,48	161	63,46	67	60,43	43
2	175,77	163	163,59	161	164,67	67	151,89	43
3	221,89	163	206,08	159	209,67	63	191,39	42
4	243,87	150	222,94	110	232,24	48	212,25	31
5	258,52	91	231,01	52	247,68	26	223,98	18
6	262,52	38			(265,43)	(7)		

à partir du troisième annulus. Il n'y a pas de différence entre les trois régions du système fluvial (Logone, Chari et région deltaïque) et les observations les concernant ont été regroupées (tableau LIV). Les longueurs moyennes observées ont été obtenues à partir des relations  $L/D$  (tableau LV).

En tenant compte de la séparation des sexes dans les deux régions, nous obtenons au total quatre séries de quatre à cinq couples  $L_{t+1}/L_t$  (tableau LV et fig.69) en prenant comme point de départ les longueurs moyennes atteintes au premier annulus. L'ajustement a été fait en tenant compte du nombre d'observations pour chaque couple. D'où quatre relations linéaires de la forme  $L_{t+1} = aL_t + b$  à partir desquelles on peut calculer  $k$  et  $L_\infty$  (tableau LVI).

Tableau LVI Caractéristiques des quatre relations  $L_{t+1} = aL_t + b$

Région	Sexe	a	b	k	$L_\infty$
Archipel	♂	0,449	124,30	0,8007	225,60
	♀	0,497	130,99	0,6992	260,40
Fleuve	♂	0,442	132,70	0,8163	237,80
	♀	0,484	137,77	0,7172	267,00

Pour calculer  $t_0$ , nous avons choisi la droite d'ajustement de  $\log(L_\infty - L_t)$  en fonction de  $t$ . L'alignement est en général satisfaisant et donc le coefficient de corrélation élevé. Les valeurs trouvées sont toutes négatives et assez faibles : 0,17 et 1,21 mois respectivement pour les ♂ et ♀ du Lac; 1,15 et 0,74 pour leurs homologues du fleuve. Ces calculs sont cependant peu fiables car la pente de la droite d'ajustement et donc la valeur de  $t_0$  varie notablement - le nombre de couples étant faible - suivant que l'on considère ou non certains points.

Les trois paramètres  $k$ ,  $L_\infty$  et  $t_0$  étant déterminés, on peut finalement calculer les longueurs standard théoriques (tableau LVII) en faisant correspondre au premier annulus l'âge de quatre mois, qui représente approximativement l'âge atteint au milieu de l'arrêt de croissance, soit environ le premier janvier.

La comparaison des tableaux LV et LVII montre que la correspondance entre les longueurs observées et calculées, si elle est excellente pour les ♂ du fleuve est moins bonne pour les trois autres séries. Ces résultats seront commentés plus loin.

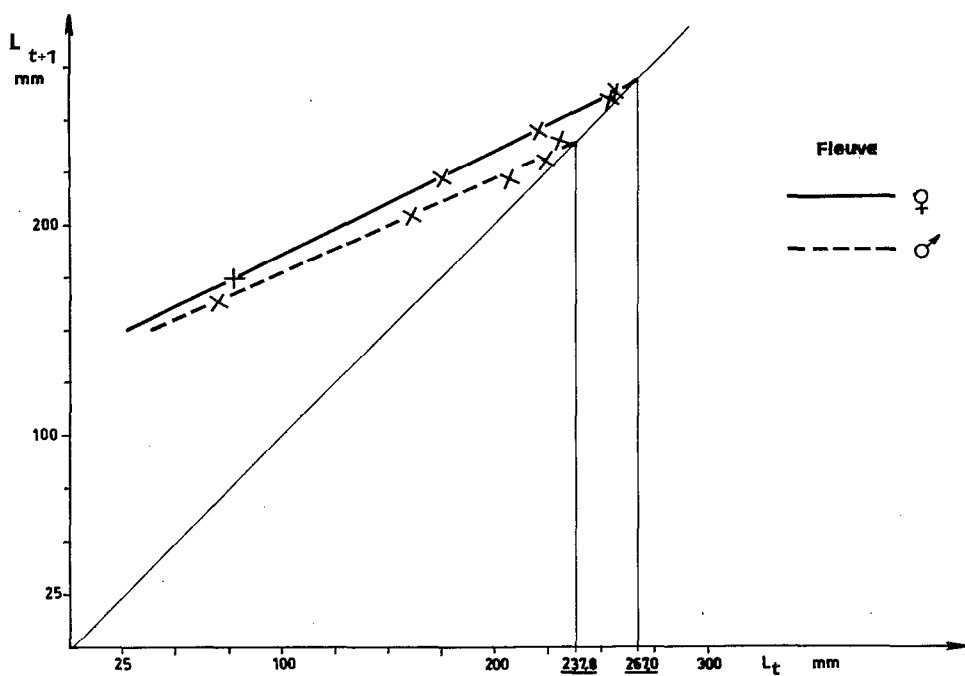
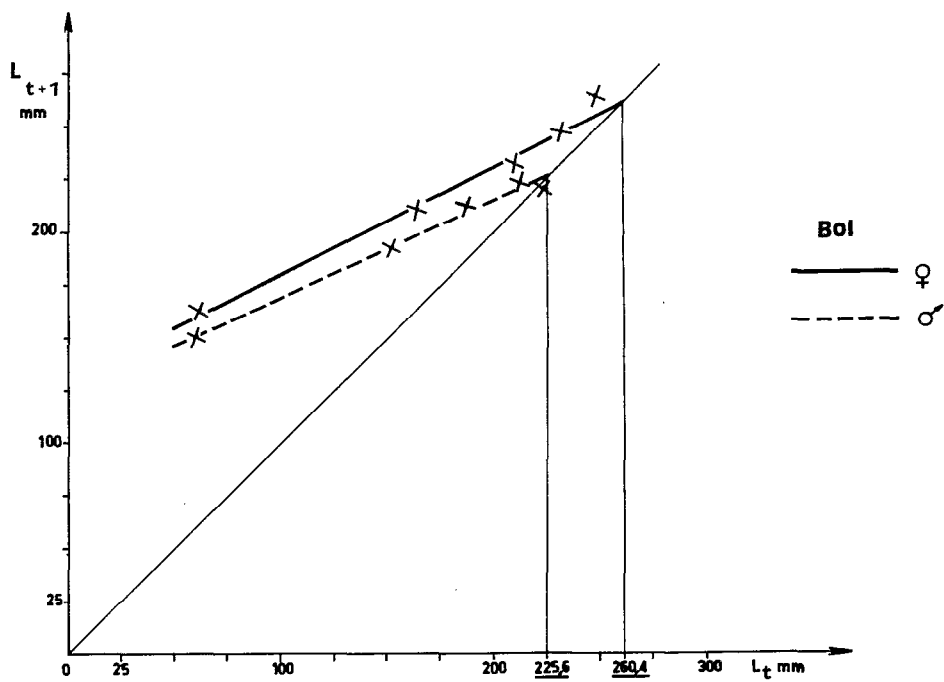


Figure 69 Droites de Ford-Walford.

Tableau LVII Longueurs calculées aux différents arrêts de croissance.

Rang annulus	Age (mois)	Réseau fluvial		Lac	
		♂	♀	♂	♀
1	4	70,26	65,90	54,78	68,21
2	16	163,71	168,88	148,88	164,92
3	28	205,04	219,12	191,14	212,97
4	40	223,31	243,64	210,12	236,84
5	52	231,39	255,60	218,65	249,10
6	64		261,44		254,58

## 2.22 Méthode de Tomlinson-Abramson

Contrairement à la méthode précédente on n'utilise ici que les couples Age(en mois)-Longueur standard(mm) au moment de la capture, évitant ainsi un certain nombre de biais liés à la reconstitution des tailles par le rétrocalcul. Il faut donc pouvoir estimer l'âge du poisson pêché, ce qui nous a conduit à éliminer environ une lecture sur deux, avec, bien entendu des taux de lectures satisfaisantes d'autant moins élevés que les poissons sont plus âgés.

Notre souci étant d'obtenir l'estimation de la meilleure croissance moyenne, nous avons essayé de tenir compte pour chaque sexe de toutes les sources de variation éventuelles : dans la mesure du possible, les lectures concernent donc toutes les saisons, les principaux biotopes fréquentés par les *Alestes baremoze* et recouvrent d'éventuelles variations interannuelles puisqu'effectuées de 1966 à 1973.

Par ailleurs, le meilleur échantillonnage comporte le plus grand nombre d'âges répartis mois par mois. Enfin, il faut maintenir un équilibre des effectifs : afin de ne pas accorder plus d'importance à telle ou telle classe d'âge, nous avons retenu au maximum vingt lectures par mois, par sexe pour chaque grande région (fleuve, cuvettes sud et nord du lac), en recourant au tirage au sort quand nécessaire. C'est au total plus de 1.600 lectures réparties entre deux et soixante-dix mois, qui ont finalement été utilisées

Tableau LVIII Nombre de couples âge/longueur utilisés.

Age (mois)	N		Age (mois)	N		Age (mois)	N	
	♂	♀		♂	♀		♂	♀
2	17		23	29	20	46		9
3	40		24	41	21	47	4	6
4	21		25	13	15	48	9	21
5	20		26	6	7	53	9	8
6	40		27	11	4	54	7	15
7	40		29	20	20	56	28	36
8	20		30	40	40	57	15	21
9	31	2	31	13	13	59	5	7
10	20	21	32	36	7	60	8	4
11	5	10	33	20	13	65		12
12	6	8	34	3	27	67		6
13	20	15	35	7	15	68		8
14	9	4	36	26	20	69		20
17	40	40	39	10	3	70		12
18	40	40	41	20	20	Total	696	717
19	21	25	42	5	20			
20	20	20	44	36	38	avec gtr	1.611	
21	11	2	45	20	22			
22	32	20						

(tableau LVIII). L'âge arrondi au mois le plus proche, a été estimé à partir de la date moyenne de naissance (premier septembre) et de la date de capture. Entre deux et huit mois les sexes n'ont pas été déterminés dans la plupart des cas, les poissons correspondants sont notés "gtr" (gonades très réduites).

Parmi les très nombreux passages effectués nous en avons retenu 22:13 pour les ♂ et 9 pour les ♀ dont les caractéristiques sont récapitulées dans les tableaux LIX et LX. Nous n'avons pas jugé utile de donner systématiquement les erreurs standard des trois paramètres qui sont très faibles dans la plupart des cas.

Ainsi que souligné précédemment, les valeurs estimées de  $L_{\infty}$ ,  $k$  et  $t_0$  n'ont de sens que par rapport à l'intervalle d'observation à l'intérieur duquel elles permettent l'ajustement souhaité. On ne peut réellement associer les valeurs trouvées à la croissance de l'espèce que

dans les cas où les données d'âge couvrent pratiquement toute la durée de vie de l'espèce, soit ici de 2 à 60 mois pour les mâles, et 2 à 70 mois pour les femelles.

Les nombreux essais effectués pour les *Alestes baremoze* nous permettent de montrer dans quel sens varient les valeurs estimées des trois paramètres suivant que l'on considère tel ou tel ensemble d'observations. Les deux séries concernant le nord du lac (2 et 16) ne comportent pas de lecture d'âge entre 2 et 16 mois. Il s'ensuit des valeurs surestimées de  $L_{\infty}$  mais surtout des valeurs très sous-estimées de  $k$  et  $t_0$  : les valeurs de  $k$  se situent normalement entre 0,5 et 0,8 (tableau LIX et LX), alors que l'on trouve ici 0,372 ( $\sigma$ ) et 0,395 ( $\varphi$ ); de même les valeurs vraisemblables de  $t_0$  se situent entre -1 et -4 mois : elles sont pour le nord de -23 et -16 environ. Ceci correspond à une courbe de concavité peu accusée (1).

Il est intéressant de remarquer que l'absence des poissons les plus âgés a beaucoup moins de conséquences. C'est ainsi qu'en ne conservant plus que les lectures de 2 à 47 mois pour les femelles (18) au lieu de 2 à 70 mois (17), les estimations des trois paramètres restent pratiquement identiques. Ce résultat signifie simplement que la croissance des individus devient peu importante à partir de trois à quatre ans. D'où une conclusion d'ordre général - qui compense un peu les difficultés de lecture d'âge - il faut surtout mettre l'accent sur les classes jeunes qui offrent des croissances notables.

Le tri des données réellement représentatives est, lui aussi, fondamental. Nous avons effectué à ce point de vue deux types d'essais. Le passage numéro 6 reprend le 5 (ensemble du fleuve de 9 à 60 mois) en ne tenant pas compte de lectures correspondant à des poissons d'âge moyen (21 à 34 mois) ayant eu une croissance ralentie dans des mares proches du Chari. Bien que portant sur des effectifs peu importants ce tri a une influence notable :  $t_0$  passe de -2,40 à -0,80 mois;  $k$  de 0,717 à 0,842;  $L_{\infty}$  de 250,57 à 247,08 mm. On peut remarquer que le maintien de valeurs de croissance sous-estimées surestimerait paradoxalement  $L_{\infty}$ . Le résultat contraire serait obtenu en prenant des valeurs sous-estimées pour les âges très faibles ou très élevés. C'est ce qu'illustrent les essais 10 et 12 par rapport à 9 et 13 :  $L_{\infty}$  et  $t_0$  augmentent, alors que  $k$  diminue, quand la croissance des jeunes est sous-estimée.

- 
- (1) Le fait de ne pas tenir compte des arrêts de croissance revient à considérer une courbe moyenne sous-estimant la croissance au début de l'arrêt et la surestimant ensuite, et de concavité plus faible (valeurs de  $k$  inférieures). C'est ce que l'on vérifie avec le passage quinze. Il faudrait sans doute, tenir compte des arrêts de croissance dans le cas d'arrêts plus longs, du type de ceux que l'on peut trouver dans les systèmes fluviaux purs, cas, par exemple, des *Polypterus senegalus* du Niger moyen, (Daget et Ecoutin, 1976).

*Tableau LIX Mâles : valeurs des paramètres de l'équation de croissance d'après la méthode de Tomlinson-Abramson.*

n°	Ages (mois)	N	$L_{\infty}$ (mm)	k (annuel)	$t_0$ (mois)	Remarques
1	9-56	295	235,53	0,880	- 1,09	Lac : cuvette sud
2	17-53	125	268,60	0,372	-23,44	Lac : cuvette nord
3	9-56	420	238,87	0,885	- 0,98	Tout le lac : 1 + 2
4	2-56	558	247,72	0,720	- 2,83	3 + gtr lac
5	9-60	276	250,57	0,717	- 2,40	Tout le fleuve
6	9-60	238	247,08	0,842	- 0,80	5 moins quelques points aberrants
7	3-60	298	253,39	0,672	- 2,72	6 + gtr fleuve
8	9-60	498	246,96	0,754	- 2,36	Lac + fleuve (1 + 2 + 5)
9	2-60	696	250,17	0,708	- 2,75	8 + gtr
10	5-60	598	244,24	0,840	- 0,76	8 + gtr à croissance faible
11	10-60	386	247,15	0,780	- 1,92	Lac (10-26 mois) + fleuve (27-60 mois)
12	5-60	446	244,99	0,853	- 0,52	11 + gtr à croissance médiocre
13	2-60	544	251,80	0,697	- 2,91	11 + gtr

*Tableau LX Femelles : valeurs des paramètres de l'équation de croissance d'après la méthode de Tomlinson-Abramson.*

n°	Ages (mois)	N	$L_{\infty}$ (mm)	k (annuel)	$t_0$ (mois)	Remarques
14	2-70	498	280,50	0,524	- 4,22	Lac : cuvette sud (avec gtr)
15	2-70	498	272,36	0,795	- 2,90	14 + arrêts de croissance (3 mois)
16	17-54	134	295,38	0,395	-15,58	Lac : cuvette nord
17	2-70	632	278,62	0,569	- 3,51	Tout le lac + gtr
18	2-47	462	279,44	0,565	- 3,54	17 sans poissons âgés
19	2-70	301	299,63	0,462	- 4,17	Fleuve + gtr
20	10-70	915	289,63	0,511	- 3,93	Lac + fleuve + gtr
21	10-70	717	283,30	0,576	- 2,38	Lac + fleuve sans gtr
22	2-70	567	292,00	0,518	- 3,82	Lac (10-30 mois) + fleuve (31-70 mois) + gtr

Un dernier point mérite attention : la prise en considération des mois correspondant aux poissons les plus jeunes modifie généralement les valeurs de paramètres de la même manière quel que soit l'ensemble considéré. Il y a diminution de  $k$ , en même temps qu'augmentation de  $L_{\infty}$  et de la valeur négative de  $t_0$  (cas par exemple des passages 4, 7, 13, 20). Cette influence, plus nette que celle à laquelle on pourrait s'attendre a priori, correspond en fait à un phénomène précis car la première croissance des jeunes *Alestes* s'effectue à un rythme plus rapide et n'est donc pas nécessairement justifiable du modèle général utilisé pour les âges les plus élevés.

La réunion des lectures d'âge effectuées dans les cuvettes sud et nord du lac pour les mâles - en tenant compte des jeunes dont le sexe n'a pas été distingué (gtr) - conduit à des valeurs de 247,72 mm pour  $L_{\infty}$ , 0,720 pour  $k$  et 2,83 mois pour  $t_0$  (passage 4). L'essai numéro 7 correspond à l'ensemble des lectures d'âge fluviales et donne des résultats proches du lac :  $L_{\infty}$  est légèrement plus élevé (253,39),  $t_0$  et  $k$  presque identiques. La combinaison des deux mène évidemment à des valeurs intermédiaires (passage 9, tableau LIX).

Pour les femelles, la comparaison entre le lac et le fleuve donne des résultats un peu différents (passages 17 et 19).  $L_{\infty}$  est nettement plus élevé pour le système fluvial (299,63 mm contre 278,62 dans le lac),  $k$  inférieur (0,462 au lieu de 0,569),  $t_0$  encore plus faible (-4,17 au lieu de -3,51). La combinaison lac + fleuve donne des valeurs intermédiaires  $L_{\infty} = 289,80$ ,  $k = 0,511$ ,  $t_0 = -3,93$  (passage 20, tableau LX).

Enfin, en tenant compte de ce que les jeunes entre 10 et 25 à 30 mois étaient surtout capturés dans le lac, alors que nos lectures d'âges d'adultes concernent essentiellement le système fluvial, nous avons combiné les lectures d'âge des jeunes du lac à celles des adultes du fleuve. On obtient ainsi pour les mâles  $L_{\infty} = 251,80$ ;  $k = 0,697$ ;  $t_0 = -2,91$  mois (passage 13, tableau LIX) et, pour les femelles,  $L_{\infty} = 292,00$ ;  $k = 0,518$ ;  $t_0 = -3,82$  (passage 22, tableau LX).

### 2.3 DISCUSSION

Notre propos est d'abord de vérifier par des observations directes des structures de taille que l'allure générale de la croissance telle qu'elle se dégage des résultats ci-dessus est vraisemblable. Ensuite, de déterminer les meilleures estimations qui seront utilisées plus loin pour



la croissance pondérale et la production.

### 2.31 Structures de taille

Un examen global des histogrammes obtenus en des occasions très diverses montre - en tenant compte de la sélectivité propre de chaque technique de pêche - qu'il y a une très grande hétérogénéité des structures rencontrées suivant les biotopes et les époques (cf chapitre II). Trois groupes de taille se dégagent : jeunes de première année, jeunes de seconde année, et ensemble des poissons plus âgés. Les deux premiers groupes correspondent souvent à des modes assez nets; le troisième, par contre, représente la réunion de plusieurs classes d'âge et les modes éventuellement distingués sont composites du fait d'une croissance ralentie et d'un fort recouvrement des tailles des classes d'âge adultes. On peut simplement noter pour ces dernières que les tailles maximales observées ont été de 330 mm pour les femelles et de 285 pour les mâles. Par ailleurs, les pêches effectuées dans le nord du lac en 1973-74 et dans le système fluvial entre 1966 et 1971 à l'aide des FM 28,5 / 35 et de la senne de rivage montrent que les tailles des adultes s'étagent entre 220 et 270 mm pour les mâles (avec un mode vers 230-240 mm) et entre 240 et 305-310 mm pour les femelles (avec un mode vers 260-270 mm). Ces données, même approximatives, permettent de situer la valeur des estimations de  $L_{\infty}$  (fig.70).

Afin de vérifier que les estimations de croissance sont compatibles avec les valeurs observées directement pour les deux premiers modes - soit entre 2 et 24 mois - nous avons regroupé (par âges croissants) un certain nombre d'observations dans le tableau LXI. Ces pêches ont été effectuées à l'aide de moyens de capture variés : poison, senne à bâtonnets, grande senne de rivage, senne expérimentale à petite maille de 10 mm, haveneaux, barrages de décrue du Logomatia. La figure 71 représente les longueurs moyennes observées à chaque âge pour chaque échantillon du tableau LXI; les écarts-type correspondants sont donnés dans le tableau LXI. Pour faciliter la comparaison nous avons indiqué les tailles calculées aux deux premiers arrêts de croissance dans le cas de la population A de J. Hopson et des passages 13 (♂) et 22 (♀) selon la méthode de Tomlinson.

Les caractéristiques des échantillons 4, 10, 14, 16, 18, 27, 29, 32 ont été reconstituées à partir des distributions de tailles de jeunes *Alestes baremose* capturés à la senne expérimentale sur la côte nord-ouest du lac en 1968 et 1969 (J. Hopson, 1972; tableau 16). Nous avons effectué un tirage au sort de vingt poissons chaque année, converti les longueurs à la fourche

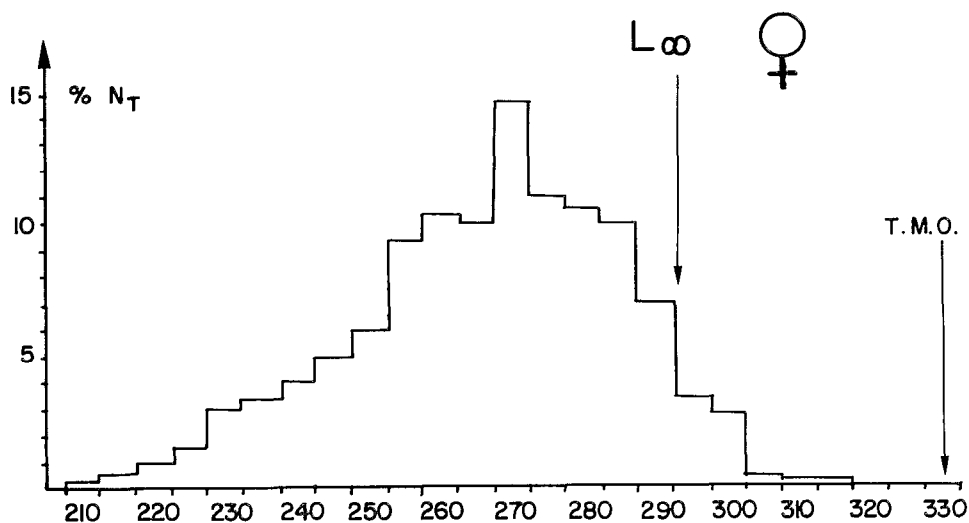
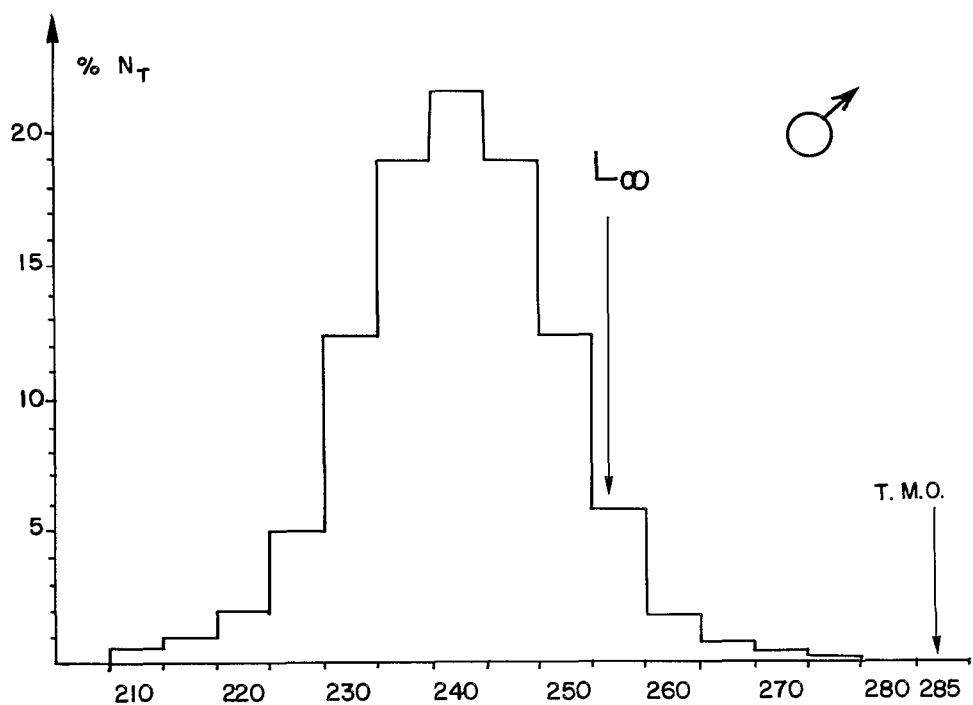


Figure 70 Répartition des tailles des grands adultes : FM 28,5 dans le delta du Chari d'avril à juin 1971.

en longueur standard et supposé - s'agissant de la population A, décrite pour le nord du lac - que la naissance avait lieu en moyenne le premier août. Les points correspondants sont reliés entre eux sur la figure 71.

Il faut tenir compte du fait que la représentativité de ces échantillons est très inégale. C'est ainsi que trois pêches au poison de l'archipel sud-est (3, 13 et 19) ont été effectuées dans une petite crique protégée qui n'est pas nécessairement représentative de l'archipel sud-est. Le peuplement de l'archipel sud-est ne coïncide d'ailleurs pas nécessairement lui-même avec celui de l'ensemble des jeunes nés au cours d'une saison de reproduction. D'autres pêches effectuées dans le système fluvial à l'aide de poison ou de senne à bâtonnets (20, 24, 25, 35) dans des bras morts ou des mares en voie d'assèchement donnent elles aussi des tailles moyennes trop faibles en rapport avec une croissance très ralentie. Des parenthèses entourent les sept points correspondants sur la figure 71.

Par ailleurs, il faut souligner qu'il s'agit d'observations ponctuelles pour bon nombre de pêches et qu'elles peuvent donc refléter le lieu, l'époque ou même l'année (la variabilité interannuelle - fonction des conditions hydrologiques - doit être notable) (1). En tenant compte de cette dispersion importante et explicable des tailles moyennes - notable surtout pour les poissons les plus jeunes - on peut conclure qu'il y a une bonne correspondance globale entre les valeurs calculées et les valeurs modales observées. Il reste à choisir définitivement les modèles de croissance en longueur les mieux adaptés.

## 2.32 Choix des meilleures estimations

Notre but n'est pas ici de caractériser des groupes de poissons particuliers par leur croissance mais bien plutôt d'obtenir la meilleure croissance moyenne. Ceci dans la mesure où il n'existe pas de trop grande hétérogénéité parmi les populations : c'est ce que nous avons exposé au chapitre V (en laissant de côté toutefois le cas de la population B, de J. Hopson dont l'importance est probablement négligeable).

Le tableau LXII récapitule pour chaque sexe les valeurs atteintes aux arrêts de croissance (4, 16, 28 mois ...) et les valeurs des trois paramètres  $k$  (mensuel),  $L_{\infty}$ , et  $t_0$  (mois) pour quatre séries de données :

(1) Nous mettrons à part le cas des pêches de l'El Beïd (5 à 9, 11, 12, 15) car chaque point représente une moyenne pondérée mensuelle. On peut d'ailleurs remarquer la relative homogénéité des valeurs élevées de  $L$  (fig. 71) au débouché des zones inondées; nous y reviendrons.

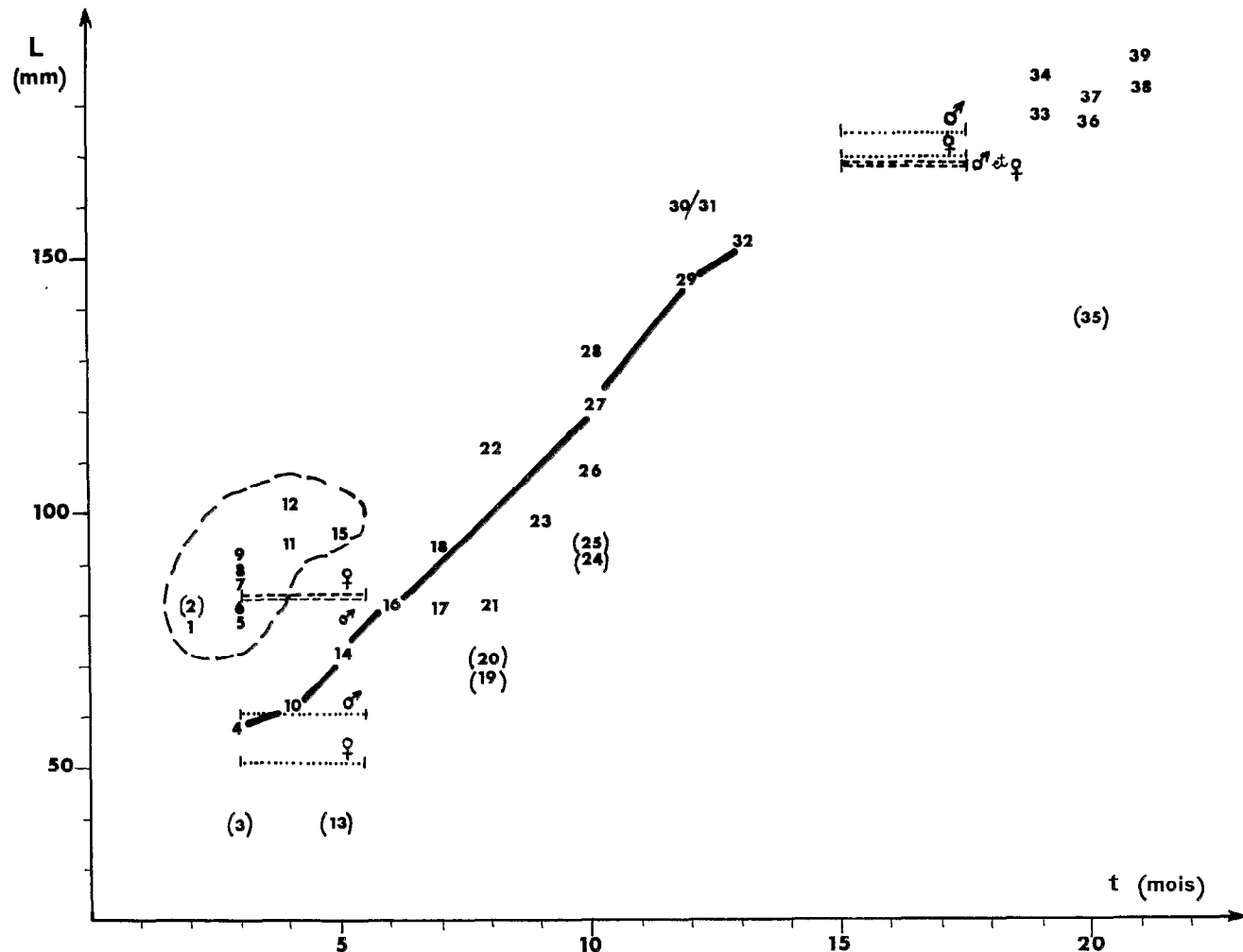


Figure 71 Tailles moyennes observées entre 2 et 24 mois; la numérotation renvoie au tableau X. Les segments horizontaux indiqués en tiretés et en pointillés correspondent aux tailles calculées aux arrêts de croissance respectivement dans ce travail et par J. Hopson (1972).

Tableau LXI Tailles moyennes observées entre 2 et 24 mois.

	Lieu	Année	Engin	N	t (mois)	$\bar{L}$	$\sigma_L$
1	Logomatia	1968	Pièges	726	2	78,60	6,391
2		1968		43	2	80,00	8,212
3	Archipel sud-est	1965	Poison	2020	3	39,68	15,157
4	Lac nord-est	1968-69	Senne exp.	45	3	58,55	9,611
5	El Beïd	1974	Haveneaux	162	3	78,49	11,354
6		1965		185	3	82,46	9,532
7		1966		900	3	85,80	8,788
8		1967		2441	3	89,01	12,406
9		1968		1124	3	90,24	9,897
10	Lac nord-ouest	1968-69	Senne exp.	40	4	61,43	10,056
11	El Beïd	1967	Haveneaux	52	4	94,90	8,911
12		1968		32	4	101,25	7,134
13	Archipel sud-est	1966	Poison	114	5	39,17	13,028
14	Lac nord-ouest	1968-69	Senne exp.	47	5	72,77	11,412
15	El Beïd	1968	Haveneaux	124	5	95,54	9,350
16	Lac nord-ouest	1968-69	Senne exp.	43	6	82,75	7,017
17	Maïlao (Chari)	1966	Senne bâton.	137	7	81,06	13,624
18	Maïlao (Chari)	1966	Poison	159	7	92,23	15,203
19	Archipel sud-est	1966	Poison	47	8	68,94	18,275
20	Mares Cameroun	1969	Poison	57	8	70,44	7,337
21	Archipel sud-est	1966	FM 10	566	8	81,73	6,534
22	Maïlao (Chari)	1970	Poison	844	8	112,64	12,404
23	Maïlao (Chari)	1966	Senne bâton.	23	9	98,48	11,500
24	Maïlao (Chari)	1967	Poison	534	10	91,10	18,752
25	Maïlao (Chari)	1967	Senne bâton.	609	10	93,02	9,174
26	Maïlao (Chari)	1969	Poison	167	10	108,36	15,556
27	Lac nord-ouest	1968	Senne exp.	23	10	121,04	11,803
28	Maïlao (Chari)	1966	Poison	183	10	131,30	12,175
29	Lac nord-ouest	1968	Senne exp.	25	12	145,68	11,189
30	Archipel sud-est	1968	Grande senne	424	12	160,39	12,573 ♂
31	Archipel sud-est	1968	Grande senne	469	12	160,38	11,046 ♀
32	Lac nord-ouest	1968	Senne exp.	20	13	152,25	15,980
33	Maïlao	1974	Grande senne	192	19	179,11	13,479 ♂
34	Maïlao	1974	Grande senne	143	19	185,94	14,612 ♀
35	Mares Cameroun	1969	Poison	24	20	138,13	9,980
36	Delta Chari	1973	Grande senne	148	20	176,28	11,332 ♂
37				89	20	180,45	12,204 ♀
38				173	21	183,59	11,981 ♂
39				124	21	189,37	13,432 ♀

Tableau LXII Paramètres des modèles de Bertalanffy et valeurs calculées aux arrêts de croissance pour diverses études concernant les *Alestes baremoze* du bassin tchadien.

Durand et Loubens (1969) : a) Fleuve ; b) Lac ;  
c) J. Hopson (1972)<sup>+</sup> ; d) Durand (1977) : lac + fleuve .

Mâles	a	b	c	d
k (mensuel)	0,0680	0,0667	0,0783	0,0580
t <sub>0</sub> (mois)	- 1,15	- 0,17	+ 0,46	- 2,91
4	70,26	54,78	60,07	83,24
t 16	163,71	148,88	174,58	167,85
(mois) 28	205,04	191,14	219,32	209,98
40	223,31	210,12	236,80	230,97
52	231,39	218,65	243,62	241,43
L <sub>∞</sub>	237,80	225,60	248,00	251,80
Femelles	a	b	c	d
k (mensuel)	0,0598	0,0583	0,0550	0,0432
t <sub>0</sub> (mois)	- 0,74	- 1,21	+ 0,54	- 3,82
4	65,90	68,21	51,40	83,66
t 16	168,88	164,92	169,87	167,81
(mois) 28	219,12	212,97	231,10	218,00
40	243,64	236,84	262,75	247,90
52	255,60	249,10	279,10	265,72
64	261,44	254,58	287,56	277,34
L <sub>∞</sub>	267,00	260,40	296,60	292,00

+ Les longueurs à la fourche ont été converties d'après l'axe majeur réduit : LS = 0,941 LF - 3,830 .

système fluvial et lac par rétrocalcul (Durand et Loubens, 1969); population A de la cuvette nord du lac (J. Hopson, 1972); méthode de Tomlinson appliquée à l'ensemble : gtr fleuve et lac de 2 à 9 mois, jeunes du lac de 10 à 26 ou 30 mois, adultes du système fluvial au-delà. Dans le cas de la cuvette nord du lac, les valeurs annuelles ont été calculées en supposant que les valeurs de  $t_0$  indiquées, probablement par erreur, en années étaient des valeurs mensuelles. On peut remarquer que tous les modèles donnent des estimations cohérentes vers l'âge de 16 mois. Au-delà et en deçà, par contre, on rencontre des divergences notables.

Le paragraphe précédent nous a permis de préciser les valeurs observées pour les jeunes poissons entre deux et vingt mois (fig.71) ainsi que la répartition globale des tailles des grands adultes (fig.70). D'après la taille de ces derniers, on devrait s'attendre à trouver des valeurs de  $L_{\infty}$  intermédiaires entre les tailles maximales observées et les tailles modales observées, soit ici entre 326 et 265 pour les femelles (donc de l'ordre de 295 mm) et 285 et 235 pour les mâles (soit aux environs de 260 mm). Chez les jeunes, les valeurs observées approchent 165 mm vers 16 mois. Il est par contre plus difficile de dire précisément quel devrait être l'ordre de grandeur des valeurs calculées en fonction des valeurs observées au premier arrêt de croissance (quatre mois). En ce qui concerne nos observations, il y a tout lieu de croire que l'essentiel des classes d'âge des *Alestes* correspond à des poissons nés dans le système fluvial et ayant grandi dans les zones inondées, étant donnée l'importance des dévalaisons de novembre à janvier dans l'El Beïd, et - moins importantes - dans le Logomatia. Les poissons des échantillons 5 à 9 de l'El Beïd, capturés au début de l'arrêt de croissance pendant cinq années différentes, ont des tailles moyennes bien groupées (fig.71) dont la moyenne générale se situe vers 85 mm. Dans le cas de la cuvette nord, par contre, les pêches indiquent des valeurs observées plus faibles, de l'ordre de 60 mm.

En tenant compte de ces points de repère, on peut revenir au tableau LXII. Les résultats de 1969 sous-estiment nettement  $L_{\infty}$  et donc la croissance des adultes, par ailleurs les longueurs calculées à quatre mois (55 à 70 mm) sont inférieures aux valeurs observées (fig.71). Tout se passe comme si les courbes de croissance étaient nettement plus concaves, donc  $k$  plus élevé,  $t_0$  négatif mais relativement faible et les  $L_{\infty}$  notablement sous-estimées. Les nouvelles valeurs trouvées par la méthode de Tomlinson-Abramson ne posent pas ce genre de problèmes puisque les valeurs de  $L_{\infty}$  trouvées pour les mâles et les femelles sont nettement supérieures (respectivement 251,80 et 292,00 mm).

Aucune explication n'est pleinement satisfaisante pour justifier les résultats médiocres de l'étude de 1969. Plusieurs raisons ont pu intervenir : surestimation de l'âge en assimilant de fausses marques à des annuli; mauvaise représentativité des échantillons de 1966, trop ponctuels et pas

assez importants. Il est d'ailleurs assez courant que le rétrocalcul conduise à des estimations inférieures à la réalité (cas par exemple des *Polypterus senegalus* du Tchad, Daget et al., 1965). Une autre hypothèse avancée quelquefois est celle d'une relation entre l'âge et la croissance : la longévité serait d'autant plus élevée que le poisson aurait eu une croissance faible avant la maturité sexuelle.

Quoi qu'il en soit, l'utilisation de la méthode de Ford-Walford est, de toutes façons, périlleuse dès que l'on s'occupe d'espèces de faible longévité. Le nombre de couples  $L_{t+1}/L_t$  est alors réduit et la plupart d'entre eux peuvent être biaisés : ceux correspondants aux poissons âgés parce que les lectures d'âges sont alors difficiles, et, surtout, le premier qui est apparemment plus facile à déterminer mais les estimations de taille chez les jeunes présentent une forte dispersion. D'où une incertitude notable, car ce point a un poids particulier dans l'ajustement puisqu'il correspond aux âges de forte croissance et est nettement séparé des autres couples (fig.69).

Ceci dit, cette méthode permet de faire des évaluations provisoires quand on ne dispose pas de moyens de calcul suffisants. Il faut d'ailleurs remarquer que J. Hopson a utilisé aussi le rétrocalcul et qu'elle trouve des valeurs de  $L_\infty$  satisfaisantes et proches de celles que nous obtenons par la méthode de Tomlinson (tableau LXII). De même, les valeurs calculées correspondent assez bien aux valeurs observées, tout au moins tant que l'on considère la côte ouest de la cuvette nord. On peut toutefois se demander quelle est la signification de valeurs de  $t_0$  positives, alors que tous les autres calculs conduisent à des valeurs négatives. Cela signifierait que les jeunes *Alestes* nés dans la région de Malamfatori ont une première croissance lente pendant quelques mois, contrairement aux *Alestes* du resta du lac et - surtout - contrairement à ceux du système fluvial Chari-Logone. Par ailleurs, l'écart entre les valeurs de  $k$  pour chaque sexe, est particulièrement élevé : 0,94 pour les mâles, 0,66 pour les femelles. La différence de croissance entre mâles et femelles est évidente d'après les valeurs de  $L_\infty$  : 30 à 49 mm de plus pour les femelles suivant les calculs (tableau LXII). Cependant cette concordance des écarts ne correspond pas à des ajustements identiques : ce n'est que dans le cas des *Alestes* du lac en 1969 que les tailles des mâles sont constamment inférieures à celles des femelles. Pour leurs homologues du fleuve les valeurs calculées pour les mâles sont supérieures à celles des femelles jusqu'à dix mois environ. C'est un résultat analogue que l'on trouve pour les calculs de J. Hopson (tableau LXII) : ce n'est qu'à partir de dix-neuf mois que les valeurs calculées pour les femelles deviennent supérieures à celles des mâles. Enfin, les calculs récents donnent des valeurs presque identiques pour les deux sexes entre quatre et dix-sept mois (fig.72). D'après les tailles au premier annulus observées par rétrocalcul en 1969, on aurait



pu s'attendre à trouver des différences mâles-femelles plus précoces. Mais J. Hopson (tableau 7, 1972) ne trouve aucune différence au premier annulus, alors que ses observations portent sur des échantillons beaucoup plus importants. Par contre, dans tous les cas, les tailles au deuxième annulus reconstituées par rétrocalcul indiquent que les femelles croissent plus vite entre le premier et le deuxième arrêt de croissance. Notre estimation de 1977 ne rend donc pas compte de l'écart - faible au demeurant - entre femelles et mâles de quatre à dix-sept mois. Le fait de ne pas avoir distingué les sexes chez les immatures de cinq à neuf mois - utilisant ainsi les couples âge/taille des immatures aussi bien pour les mâles que pour les femelles - ne l'explique pas si l'on se reporte aux tableaux LIX et LX. En effet, les résultats des passages 8 et 21 concernant respectivement l'ensemble des mâles et des femelles sans tenir compte des immatures conduisent à une taille supérieure pour les mâles au premier arrêt de croissance. Cet écart, probablement un peu inférieur à la réalité, nous conduira peut-être à une légère sous-estimation de l'écart entre productions des mâles et des femelles.

Nous avons donc choisi finalement les modèles suivants (fig.72) :

$$\sigma \quad L_t = 251,80 \left[ 1 - e^{-0,058(t + 2,91)} \right]$$

$$\varphi \quad L_t = 292,00 \left[ 1 - e^{-0,0432(t + 3,82)} \right]$$

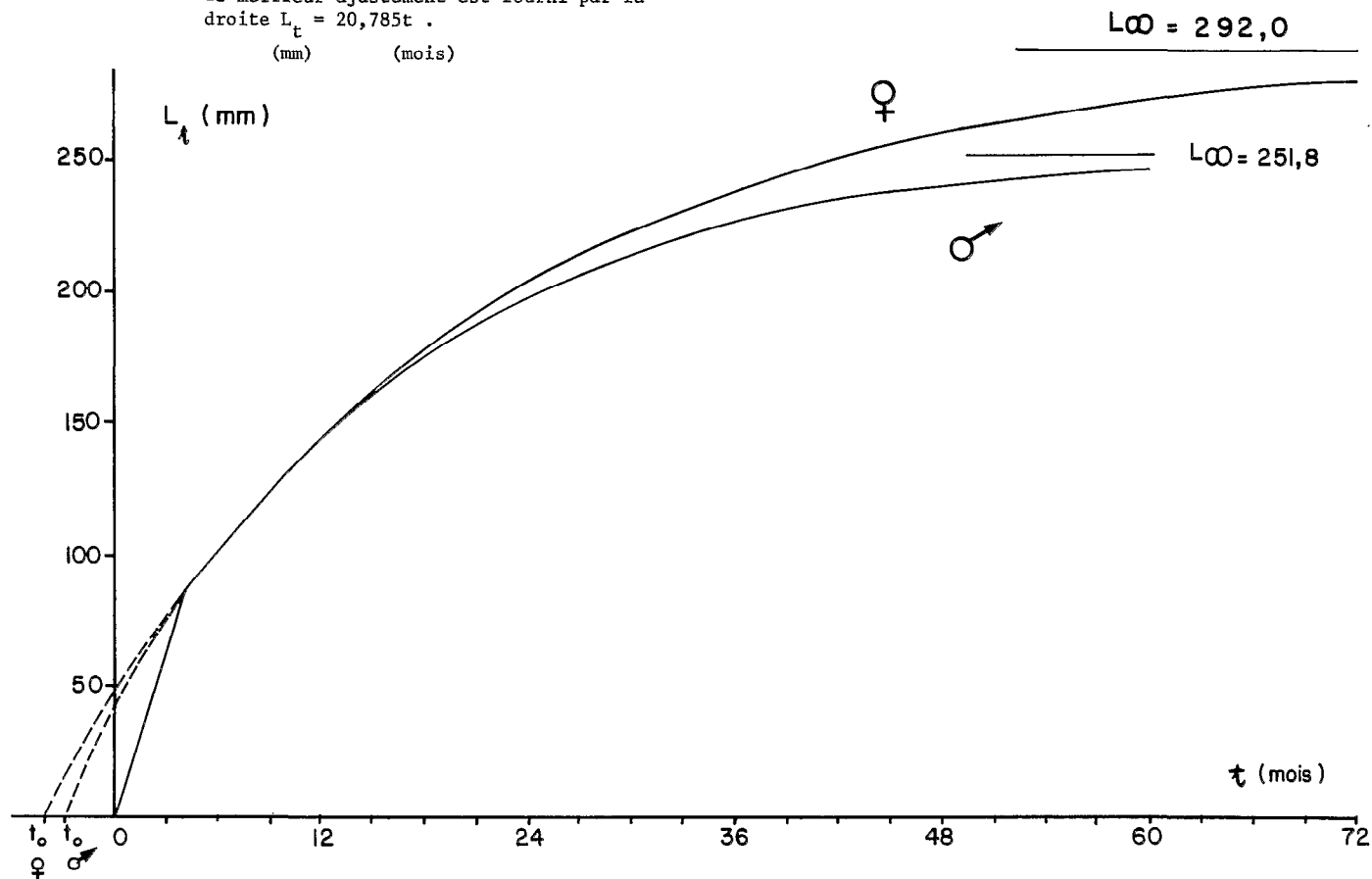
(valeurs de k mensuelles puisque t est en mois)

Ces deux modèles ont été retenus à la fois parce qu'ils correspondent à une solution logique, tenant compte de l'abondance de certaines classes d'âge et de la valeur de nos échantillonnages suivant les milieux et aussi parce qu'ils donnent des valeurs calculées cohérentes - en particulier au premier arrêt de croissance et pour  $L_{\infty}$ .

Les valeurs observées étant particulièrement élevées au premier arrêt de croissance, il y a un écart notable entre les valeurs observées et calculées entre zéro et quatre mois. Les équations retenues ci-dessus ne sont donc valables qu'à partir de quatre mois. Au-dessous, une approximation suffisante est donnée par le segment de droite reliant l'origine au point correspondant à t = quatre mois (fig.72). L'explication de cette première croissance plus rapide doit être trouvée dans l'existence des zones inondées que les alevins envahissent dès l'éclosion en août-septembre et où ils trouvent une nourriture très abondante et riche.

Cette nourriture plantureuse n'est plus disponible quand les eaux se retirent et les jeunes *Alestes baremoxe* âgés de trois à quatre mois regagnent à la décrue le système fluviolacustre permanent. A partir de là, leur croissance prendra un rythme moyen inférieur correspondant à la vie - et l'alimentation - dans le lac et les fleuves.

Figure 72 Courbes de croissance en longueur des *Alestes baremoze* mâles et femelles du bassin tchadien d'après le modèle de Von Bertalanffy; entre zéro et quatre mois le meilleur ajustement est fourni par la droite  $L_t = 20,785t$ .



### 3 - CROISSANCE PONDÉRALE

A partir de la croissance en longueur, il va être possible d'estimer la croissance en poids une fois connue(s) la, ou les, relation(s) longueur-poids.

#### 3.1 RELATIONS LONGUEUR-POIDS

L'importance prépondérante de la longueur dans les premières approches de la biologie des poissons tient essentiellement à la commodité : c'est un paramètre que l'on peut obtenir facilement, rapidement et avec précision. Par ailleurs, la longueur est une fonction croissante de l'âge. Il n'en est pas de même pour les poids qui présentent une variabilité forte à un âge ou une taille donnée, particulièrement chez les *Alestes baremoze* adultes où nous rencontrons des cycles annuels très marqués, fonction de l'acquisition et de l'utilisation de réserves adipeuses, indépendamment de la croissance en poids proprement dite. Toutes ces raisons militent en faveur de l'utilisation de L comme paramètre de base, mais l'objet ultime de nos recherches reste la quantité de matière vivante produite. D'où la nécessité de rechercher la, ou les, relation(s) entre taille et poids, relations qui permettront d'estimer la croissance en poids à partir de la croissance en longueur.

#### 3.11 Méthodes

Chez la plupart des poissons, la relation entre longueur et poids peut être décrite - pour tout ou partie de la vie de l'animal - par une relation du type  $W = aL^b$  où a est une constante, fonction des unités choisies et b le coefficient d'allométrie. Les valeurs de b varient entre 2,5 et 4 suivant les espèces considérées (Le Cren, 1951) et sont souvent proches de 3.

Lorsque  $b = 3$ ,  $a$  est l'homologue du coefficient de condition  $K$  (1).

La transformée logarithmique de  $W = aL^b$  est une relation linéaire d'équation  $\log W = b \log L + \log a$ , où le coefficient d'allométrie  $b$  représente la pente, et  $\log a$  l'ordonnée à l'origine. S'il s'agissait de caractériser la relation entre  $W$  et  $L$ , il faudrait théoriquement choisir ici l'axe majeur réduit comme meilleure droite d'ajustement, puisqu'on ne peut dire que l'un des deux paramètres dépende de l'autre :  $W$  et  $L$  sont tous deux tributaires de la croissance (Daget, 1976). Mais ici nous cherchons la meilleure régression permettant de connaître  $W$  à partir de  $L$ . On choisira donc la droite de régression de  $\log W$  en  $\log L$ .

D'après Ricker (1973) l'usage systématique jusqu'à présent de la régression "prédictive" de  $\log W$  en  $\log L$  a conduit dans la plupart des cas à une sous-estimation de  $b$ . Pour voir si cette différence était notable, nous avons fait des calculs comparés avec l'axe majeur réduit et la droite de régression de  $\log W$  en  $\log L$  pour quatre groupes de mâles adultes d'*Alestes baremoze* tirés au sort (tableau LXIII) dans certaines catégories :

A : mâles du lac; B : mâles du système fluvial; C : embonpoint faible ( $K \leq 1,10$ )  
D : embonpoint fort ( $K \geq 1,30$ ).

Tableau LXIII Comparaison de l'axe majeur réduit et de la droite de régression de  $\log W$  en  $\log L$ .

	N	$\rho$	A.M.R.		log W en log L	
			b	a. $10^5$	b	a. $10^5$
A	50	0,844	4,190	0,0017	3,541	0,063
B	60	0,914	3,831	0,014	3,500	0,083
C	59	0,953	3,682	0,027	3,510	0,069
D	55	0,967	3,083	0,883	2,981	1,545

Nous constatons que dans tous les cas l'axe majeur réduit donne des estimations supérieures à très supérieures pour le coefficient d'allométrie. Il est intéressant de remarquer que les écarts entre les valeurs de  $b$  sont plus faibles pour les échantillons C et D : ayant choisi des catégories d'embonpoint, la variance des poids est moindre que celle que l'on constate

(1) C'était auparavant une condition nécessaire pour simplifier les calculs de production (Modèle de Beverton et Holt). Nous verrons plus loin (chapitre IX) que ce n'est plus indispensable.

dans un tirage au hasard parmi tous les *Alestes baremoze* mâles adultes. Ceci est confirmé par les valeurs du coefficient de corrélation, relativement moins bon pour les échantillons A et B.

C'est une raison supplémentaire de choisir la droite de régression. En effet, la gamme de tailles des mâles adultes est relativement restreinte : de 200 à 250 mm environ alors que la dispersion des poids est très forte. Il en résulte que l'axe majeur réduit biaise sensiblement les résultats, le découpage de l'échantillon étant fait à partir des longueurs (tant de poissons tirés au hasard par classe de taille) (Loubens, 1974).

Enfin, pour plus de sûreté, nous avons comparé la croissance en poids obtenue avec l'une ou l'autre des équations concernant l'échantillon A : les valeurs obtenues avec l'axe majeur réduit, conduisent à des estimations trop faibles de  $W_{\infty}$  et décalent le point d'inflexion vers des âges plus élevés (de six à sept mois dans l'exemple choisi ici) ce qui ne correspond pas bien aux observations.

### 3.12 Résultats

Nous avons à notre disposition de très nombreux couples longueur-poids correspondant à tous les *Alestes baremoze* examinés de 1966 à 1975. Afin d'obtenir la meilleure représentation moyenne on a procédé à des tirages au hasard sur l'ensemble des observations, toutes zones de pêches et périodes confondues. Pour chaque classe de taille de 5 mm, dix couples ont été tirés, cinq mâles et cinq femelles entre 50 et 255 mm, des femelles seules entre 260 et 325 mm.

Divers essais ont été effectués pour chaque sexe en considérant tout ou partie de la gamme de tailles (tableau LXIV).

Le coefficient d'allométrie, tant chez les mâles que chez les femelles varie nettement avec l'âge : les valeurs calculées sont significativement inférieures à 3 chez les jeunes de taille inférieure à 200 mm, nettement supérieures à 3 chez les adultes. On doit en conclure que le poisson change de forme avec l'âge et qu'il aura tendance à avoir plus d'embonpoint adulte que jeune.

L'étude des relations longueur-poids est très généralement menée de manière globale. Dans les quelques cas où une analyse plus fine a été effectuée, l'hétérogénéité des relations L/W pour une espèce donnée est confirmée. On peut par exemple citer les *Lates niloticus* du bassin tchadien (Loubens, 1974) : b est proche de 3 de 100 à 800 mm, mais notablement inférieur (2,3 à 2,5) pour  $L < 100$  et  $L > 800$  mm. D'après Mok (1975), pour les *Schilbe*

Tableau LXIV Caractéristiques des diverses relations L/W calculées.

Sexe	Tailles	N	b	$\sigma_b$	$a \cdot 10^5$
$\sigma$	50-190	200	2,840	0,0200	2,74
	195-255	110	3,500	0,0753	0,0832
	50-275	260	2,874	0,0151	2,34
♀	60-200	206	2,796	0,0185	3,31
	50-260	268	2,868	0,0138	2,39
	50-235	388	2,977	0,0102	1,44
	100-325	278	3,084	0,0196	0,79
	195-325	182	3,290	0,0648	0,25
$\sigma + \text{♀}$	50-190	406	2,815	0,0224	3,00
	50-325	538	2,967	0,0147	1,50

*uranoscopus* de l'archipel sud-est, b est proche de 3 pour  $L \leq 200$  mm, mais nettement supérieur entre 200 et 335 mm ( $b = 3,292$ ); chez les *Hydrocynus forskalii* aussi deux relations ont été trouvées avec  $b = 2,952$  ( $80 \leq L \leq 295$ ) d'une part et  $b = 3,595$  d'autre part ( $L \geq 300$ ) (Srium, 1976). Dans le domaine marin, Fontana et Pianet (1973) trouvent des résultats inverses pour les *Sardinella eba* des côtes du Congo durant la grande saison froide et la petite saison chaude :  $b = 3,404$  pour les jeunes et 2,843 pour les adultes. Quoiqu'il en soit, il semble que l'existence de plusieurs relations L/W soit fréquente.

Dans le cas des *Alestes baremoze*, le changement de relation correspond assez bien avec la maturité sexuelle, aux alentours de 200 mm (cf chapitre IV). Entre 50 et 190 mm, les deux sexes ne diffèrent pas notablement et l'on peut conserver comme relation unique  $W = 3,00 \cdot 10^{-5} L^{2,815}$ . Chez les adultes par contre, il faut conserver une relation par sexe :

- chez les mâles :  $W = 0,0832 \cdot 10^{-5} L^{3,500}$  ( $195 \leq L \leq 255$ )
- chez les femelles :  $W = 0,250 \cdot 10^{-5} L^{3,290}$  ( $195 \leq L \leq 325$ )

Nos résultats sont en bon accord avec ceux de J. Hopson (1972) pour la cuvette nord du lac Tchad qui trouve pour les adultes d'*Alestes baremoze* :  $W = 0,106 \cdot 10^{-5} L^{3,414}$  (mâles) et  $W = 0,247 \cdot 10^{-5} L^{3,256}$  (femelles).

On peut remarquer que le calcul global pour l'ensemble des *Alestes* donne une valeur de  $b$  proche de 3 : 2,967 (tableau LXIV). Un calcul analogue de Roest (1975) pour les *Alestes baremoze* de Côte d'Ivoire ( $90 \leq L \leq 285$ ) l'a conduit à une valeur de  $b$  un peu supérieure :  $b = 3,0885$ .

### 3.2 CROISSANCE PONDERALE

Les estimations de la croissance pondérale pour chaque sexe, doivent tenir compte de trois facteurs, d'importance inégale :

- a - existence de deux modèles de croissance en longueur, intéressante en soi, mais négligeable pour les évaluations quantitatives;
- b - existence de deux relations longueur-poids successives;
- c - variations saisonnières très notables de condition.

Nous avons d'abord calculé pour chaque sexe les poids  $W_t$  en tenant compte des deux modèles de croissance en longueur et des deux relations  $L/W$ . Les courbes correspondantes sont indiquées sur les figures 73 et 74. On constate que pour chaque sexe l'intersection des deux courbes se situe entre 185 et 190 mm. A titre de comparaison, nous avons indiqué la courbe de croissance pondérale obtenue pour  $b = 3$ ; celle-ci conduirait à une légère surestimation de  $W_t$  : de 5 à 10 g entre quinze et quarante mois pour les mâles et vingt à trente-cinq mois pour les femelles. Même si cet écart correspond à des écarts significatifs en termes de production, on peut considérer que la valeur  $b = 3$  aurait conduit à des résultats comparables, étant données les incertitudes existant par ailleurs.

Le tableau LXV indique, mois par mois, les poids atteints pour chaque sexe si l'on ne tient pas compte des variations saisonnières de condition. A vingt mois, l'écart est négligeable, les femelles ne pèsent que trois grammes de plus que les mâles. A trente mois il passe à quinze grammes et dépasse trente grammes à quarante mois, soit 20% du poids des mâles. A soixante mois, l'écart entre  $\sigma^1$  et  $\phi$  est de 67 g, soit 30% du poids des mâles et l'écart entre les  $W_{\infty}$ , 111 g, représente 50% du poids des mâles.

Nous avons vu que le troisième élément important de la croissance pondérale correspond aux variations saisonnières de condition. En reprenant les résultats globaux obtenus au chapitre IV, nous avons estimé un cycle moyen annuel de condition pour les prématures, les mâles et les femelles.

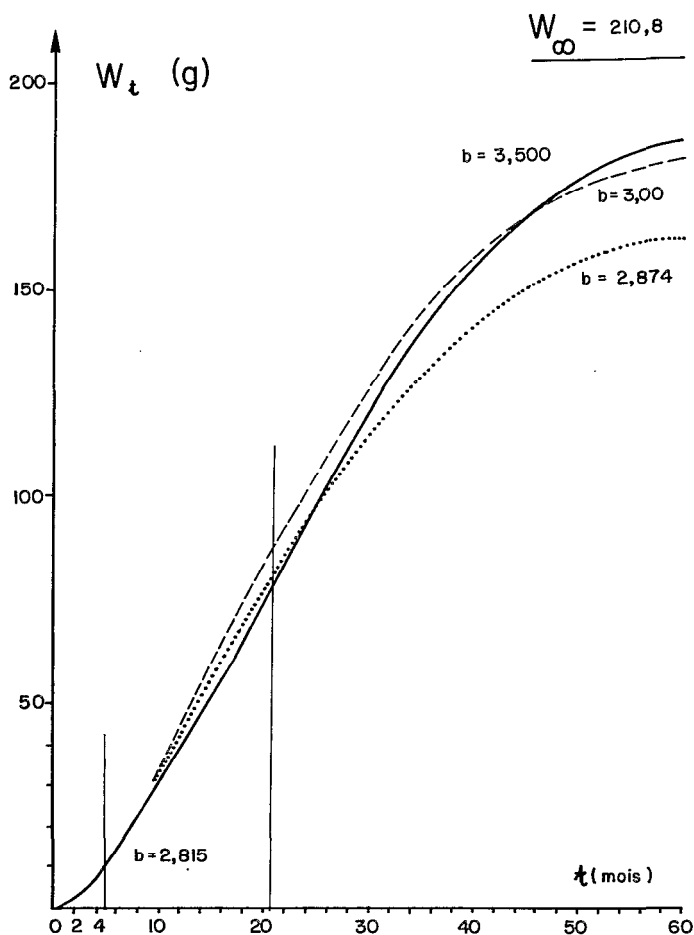


Figure 73 Croissance pondérale des *Alestes baremoze* mâles du bassin tchadien d'après le modèle de Von Bertalanffy pour diverses valeurs du coefficient d'allométrie (cf. texte). Le trait plein correspond aux relations choisies.



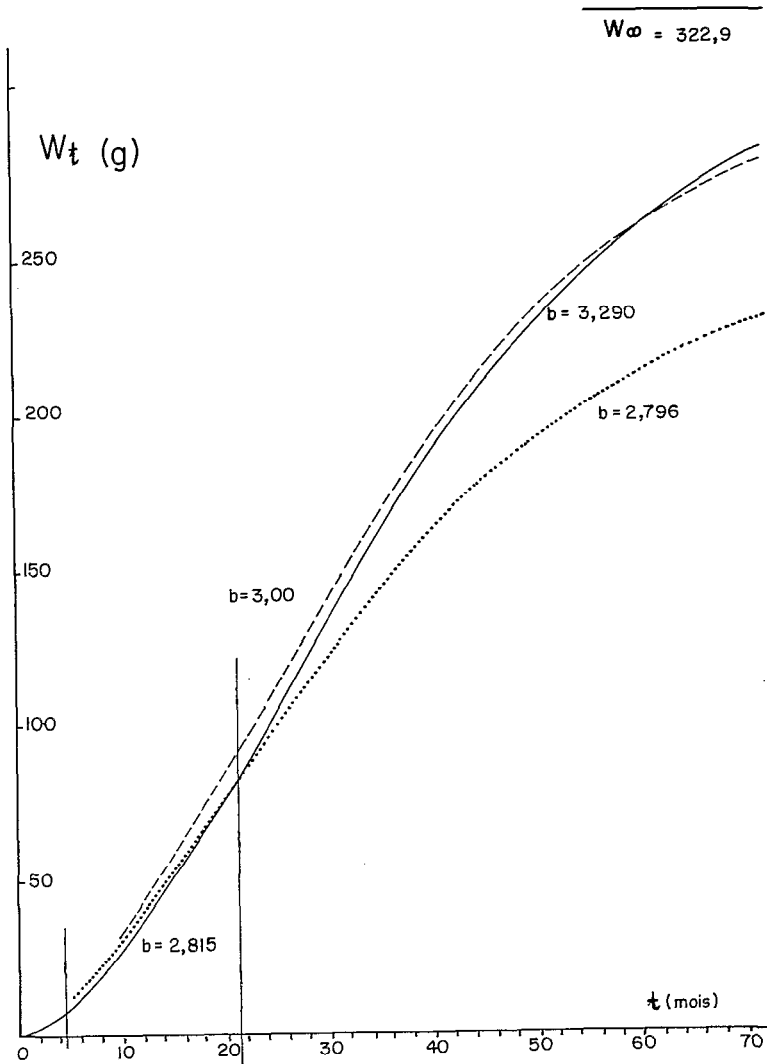


Figure 74 Croissance pondérale des *Alestes baremoze* femelles du bassin tchadien d'après le modèle de Von Bertalanffy pour diverses valeurs du coefficient d'allométrie (cf. texte). Le trait plein correspond aux relations définitivement choisies.

Tableau LXV Valeurs mensuelles des poids d'*Alestes baremose*  
( $b = 2,815$  de 0 à 20 mois; au-dessus  $b = 3,290$   
pour les ♀ et 3,500 pour les ♂).

Mois	$W_t$ ♂	$W_t$ ♀	Mois	$W_t$ ♂	$W_t$ ♀	Mois	$W_t$ ♂	$W_t$ ♀
1	0,2	0,2	25	97,3	105,4	49	176,6	226,3
2	1,1	1,1	26	102,1	111,4	50	178,4	229,9
3	3,4	3,4	27	106,8	116,7	51	180,2	233,4
4	7,6	7,6	28	111,4	123,4	52	181,8	236,8
5	10,4	10,2	29	115,9	129,4	53	183,3	240,0
6	13,4	13,1	30	120,2	135,2	54	184,8	243,2
7	16,8	16,3	31	124,4	141,0	55	186,2	246,2
8	20,5	19,7	32	128,4	146,7	56	187,6	249,2
9	24,4	23,5	33	132,3	152,3	57	188,8	252,0
10	28,4	27,4	34	136,1	157,8	58	190,0	254,8
11	32,6	31,6	35	139,7	163,1	59	191,1	257,4
12	37,0	36,0	36	143,1	168,4	60	192,2	260,0
13	41,4	40,6	37	146,5	173,6	61		262,5
14	45,9	45,2	38	149,7	178,6	62		264,8
15	50,4	50,1	39	152,7	183,6	63		267,1
16	54,9	54,9	40	155,6	188,2	64		269,3
17	59,3	59,9	41	158,4	193,1	65		271,5
18	63,8	64,9	42	161,1	197,7	66		273,5
19	68,1	70,0	43	163,7	202,1	67		275,5
20	72,4	75,1	44	166,1	206,5	68		277,4
21	77,1	81,1	45	168,4	210,7	69		279,2
22	82,2	87,2	46	170,6	214,8	70		281,0
23	87,3	93,2	47	172,7	218,7	71		282,6
24	92,4	99,3	48	174,7	222,6	72		284,3
						$W_{\infty}$	210,8	322,9

Tableau LXVI Valeurs moyennes mensuelles du coefficient de condition ( $\bar{K}$ ).  
(Pour les âges 25 à 30 mois on a pris les valeurs des immatures).

Dates	Immatures		$\bar{K}$		Adultes				$\bar{K}$ mensuel/ $\bar{K}$ annuel		
	$\bar{K}$	Age (mois)	♂	♀	Ages (mois)				Immatures	♂	♀
1er Octobre	1,160	13	1,000	1,000	25	37	49	61	0,967	0,818	0,785
Novembre	1,150	14	1,050	1,200	26	38	50	62	0,958	0,859	0,942
Décembre	1,160	15	1,170	1,225	27	39	51	63	0,967	0,957	0,962
Janvier	1,175	16	1,200	1,250	28	40	52	64	0,979	0,982	0,981
Février	1,220	17	1,270	1,300	29	41	53	65	1,017	1,039	1,020
Mars	1,235	18	1,350	1,375	30	42	54	66	1,029	1,105	1,079
Avril	1,250	19	1,400	1,400	31	43	55	67	1,042	1,146	1,099
Mai	1,240	20	1,375	1,385	32	44	56	68	1,033	1,125	1,087
Juin	1,230	21	1,320	1,360	33	45	57	69	1,025	1,080	1,068
Juillet	1,210	22	1,270	1,320	34	46	58	70	1,008	1,039	1,036
Août	1,190	23	1,200	1,270	35	47	59	71	0,992	0,982	0,997
Septembre	1,170	24	1,060	1,200	36	48	60	72	0,975	0,867	0,942

Les valeurs mensuelles moyennes correspondantes sont portées dans le tableau LXVI. Pour avoir les poids mensuels il a suffi de multiplier les chiffres du tableau LXV par le rapport des coefficients de condition moyen mensuel et annuel (1). Les courbes correspondantes montrent clairement que c'est là un facteur non négligeable (fig.75) : les variations de condition masquent la croissance pondérale puisque le poids moyen diminue notablement chaque année entre avril et octobre. C'est ainsi que les mâles de 49 mois pèsent 144,5 g contre 187,5 g pour les mâles de 43 mois (tableau LXVII). Ce sont ces variations de condition qui expliquent en partie que le poids maximal observé pour une femelle d'*Alestes baremose* atteigne près de 500 g alors que  $W_{\infty}$  calculé précédemment est de 322,9 g.

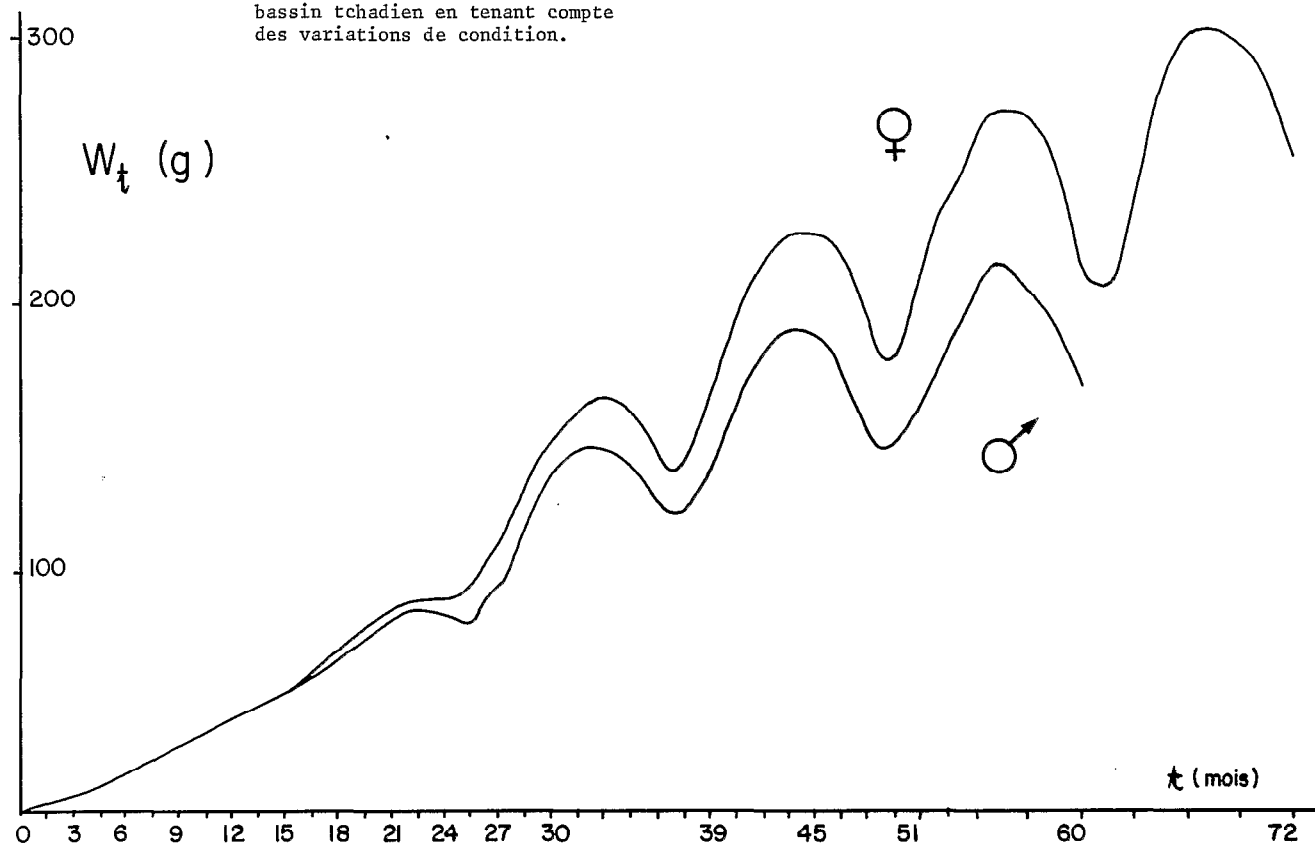
Il faudra bien évidemment tenir compte de ces variations inter-annuelles du poids dans les calculs de production.

Tableau LXVII Poids moyens à chaque âge (de trois mois en trois mois) tenant compte des variations de condition.

Age (mois)	$W_t \sigma^{\sigma}$	$W_t \varphi$	Age (mois)	$W_t \sigma^{\sigma}$	$W_t \varphi$
1	0,2	0,2	40	152,8	184,6
4	7,6	7,6	43	187,6	222,1
7	16,8	16,3	46	177,3	222,5
10	28,4	27,4	49	144,5	177,6
13	40,0	39,2	52	178,5	232,3
16	53,7	53,8	55	213,4	270,6
19	71,0	72,9	58	197,4	263,9
22	82,9	87,9	61	(158,0)	206,0
25	94,1	101,9	64		264,2
28	109,1	120,8	67		302,7
31	142,5	154,9	70		291,1
34	141,4	163,4	73		(224,5)
37	119,8	136,3			

(1) Nous nous sommes placés dans le cas où la maturité sexuelle n'est atteinte qu'à trois ans. Dans le cas de première ponte à deux ans, la variation de condition serait appréciable dès l'âge de seize à dix-huit mois.

Figure 75 Croissance pondérale des *Alestes baremoze* mâles et femelles du bassin tchadien en tenant compte des variations de condition.



#### 4. CONCLUSIONS

Les principaux résultats de cette étude de la croissance des *Alestes baremoze* du lac Tchad et des biefs inférieurs du Chari et du Logone peuvent se résumer en trois aspects essentiels.

- Quoique délicate, la lecture d'âge à partir des écailles - confirmée par la méthode de Petersen - permet d'étudier la croissance en longueur : il y a des marques correspondant à des arrêts de croissance annuels. Ces arrêts de croissance se produisent pendant les mois les plus froids, soit en moyenne de novembre à février.

- Les mâles ont une croissance plus faible que les femelles à partir de vingt mois environ. Les  $L_{\infty}$  du modèle de Von Bertalanffy diffèrent très sensiblement : de l'ordre de 25 cm pour les mâles et 29 cm pour les femelles. L'ajustement n'est pas satisfaisant entre zéro et quatre mois, période pendant laquelle la croissance des jeunes dans les zones inondées est beaucoup plus rapide.

- Les relations longueur-poids sont identiques chez les deux sexes jusqu'à vingt mois environ. Au-delà, on trouve des coefficients d'allométrie nettement supérieurs à 3 et différents chez les mâles et les femelles. La croissance pondérale doit donc être calculée en fonction de ces différents paramètres et surtout tenir compte des variations saisonnières de condition qui introduisent des variations de poids très notables - elles-mêmes fonction des fluctuations des réserves et des migrations - qui sont caractéristiques de la zone soudano-sahélienne.

Deux conséquences essentielles pour les calculs de production :

- il faudra, a priori, considérer séparément chaque sexe (nous verrons d'ailleurs que cette séparation se justifie d'autant plus que le stock est moins exploité);
- les croissances pondérales finalement obtenues ne peuvent se modéliser aisément et rendent indispensable l'introduction de valeurs "observées" mois par mois pour utiliser la méthode de Ricker.

Pour terminer, nous allons comparer les résultats obtenus pour le bassin tchadien avec ceux d'études analogues menées dans d'autres bassins : Niger: région du moyen Niger ou delta central (Daget, 1952); bassin du Nil :

lac Rodolphe (J.Hopson, 1975); bassins côtiers de Côte d'Ivoire : Bandama (Paugy, 1977).

En ce qui concerne le Bandama, l'existence de marques sur les écailles est certaine ainsi que nous avons pu le constater sur un échantillon d'écailles d'*Alestes baremoze* du lac de Kossou (Loubens, coll.). C'est ce que confirme Paugy (1977) qui estime probable qu'en Côte d'Ivoire un arrêt de croissance se produise d'octobre à janvier. Toutefois, la lecture d'âge à partir des écailles s'avérant délicate, la détermination du modèle de Bertalanffy a été faite par la méthode de Petersen. Les valeurs obtenues à la fin de chaque année ainsi que les tailles maximales observées (T.M.O.) sont indiquées dans le tableau LXVIII qui rassemble les résultats obtenus dans les quatre bassins. Les courbes correspondantes sont représentées sur la figure 76.

Tableau LXVIII Tailles atteintes par les *Alestes baremoze* à la fin de chaque année. C.I = Côte d'Ivoire, Paugy, 1977; N = delta central du Niger, Daget, 1952; L.R. = Lac Rodolphe, Hopson, 1972 (longueurs à la fourche transformées en longueurs standard d'après  $LF = 0,940 LS - 3,82$ ); T = bassin tchadien. Valeurs calculées pour Côte d'Ivoire et Tchad, valeurs observées pour Niger et lac Rodolphe.

Age (mois)	Mâles				Femelles			
	C.I	N	T	L.R	C.I	N	T	L.R
12	122,5	78,7	145,8	128,0	132,5	78,7	144,4	124,7
24	172,5	177,3	198,9	243,1	187,5	182,3	204,0	234,8
36	194,0	198,0	225,4	319,2	209,0	208,4	239,6	328,8
48	207,5	210,3	238,7	365,0	223,0	223,6	260,8	394,0
60		218,6	245,3			234,4	273,4	
T.M.O.	250	253	285	390	284	273	326	425

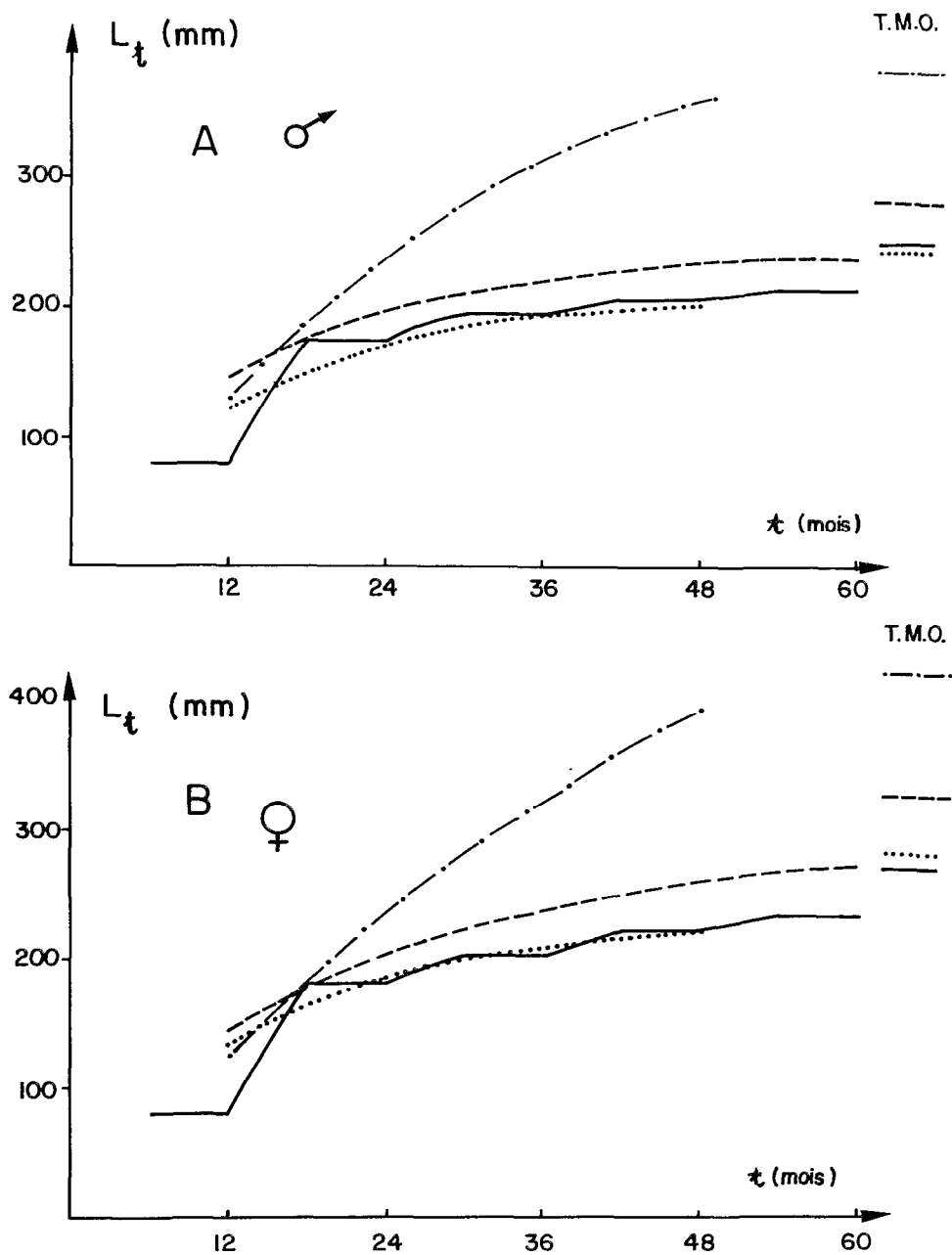


Figure 76

Croissance en longueur des *Alestes baremoze* dans la région soudano-sahélienne : A: mâles; B: femelles. Côte d'Ivoire (.....); lac Rodolphe (- - - -); moyen Niger (— — —). On remarquera qu'à 18 mois les tailles atteintes sont encore très comparables au Niger, Tchad et au lac Rodolphe.



Dans le delta central du Niger, on observe une alternance de régimes alimentaires avec une période d'abondance aux hautes eaux et une période de jeûne prolongé aux basses eaux. L'examen des longueurs moyennes indique qu'elles ne varient pas pendant l'étiage, pendant lequel il y a donc un arrêt de croissance prolongé, évalué à six mois environ par Daget pour *Alestes dentex*, *Alestes nurse* et *Alestes baremoze* (fig. 76).

La croissance globale semble assez proche dans le Bandama et le Niger moyen : une estimation grossière de  $L_{\infty}$  par la méthode de Ford-Walford pour le Niger donne environ 250 mm pour les femelles et 235 pour les mâles (1). Bien que Paugy ne trouve que 232 et 217 mm respectivement, l'écart avec les tailles maximales observées est trop important et il est probable que ces estimations de  $L_{\infty}$  sont sous-estimées. On peut cependant noter qu'il ne serait pas anormal de trouver un écart entre les deux bassins dans la mesure où le rôle des zones d'inondation du delta central du Niger est beaucoup plus important que dans le haut Bandama.

Les données préliminaires de J. Hopson au lac Rodolphe contrastent fortement avec les observations plus occidentales, l'aspect le plus spectaculaire étant évidemment les tailles maximales atteintes : 46 cm de longueur à la fourche pour les femelles (soit environ 42,5 cm de longueur standard), et 42 cm pour les mâles (39 cm LS) (2). Il lui correspond un taux de croissance très élevé et ne diminuant que lentement avec l'âge. C'est ainsi que les femelles grandissent encore de 65 mm durant leur quatrième année alors que la longévité est de l'ordre de cinq ans (fig. 76). L'ajustement à un modèle de Bertalanffy n'a pas été tenté mais de tels résultats entraînent des valeurs de  $L_{\infty}$  très élevées de l'ordre de 60 à 70 cm (à comparer aux 22-25 cm obtenus dans le Bandama et le Niger !). Ces variations très importantes de la croissance dans les divers bassins de la zone soudano-sahélienne sont encore plus parlantes en termes de poids (tableau LXIX) : les *Alestes baremoze* des grands lacs orientaux pèsent trois à huit fois plus au même âge que les *Alestes* du Niger moyen.

On peut d'ailleurs remarquer à ce propos que l'existence d'une croissance plus forte chez les femelles est retrouvée partout, avec toutefois des variantes appréciables : l'écart entre tailles maximales est plus faible au Mali et en Côte d'Ivoire (de l'ordre de 20 mm) qu'au Tchad (40 mm) et se manifeste entre la première et la deuxième année. Au lac Rodolphe, par contre, l'écart entre sexes est relativement faible, de l'ordre de 30 mm, pour les tailles élevées atteintes, mais, curieusement, la croissance reste identique jusqu'à la maturité sexuelle, soit pendant trente mois et les différences ne s'affirment qu'à partir de la première reproduction, à trois ans.

(1) Calcul fait en excluant le premier point. La croissance très rapide en deuxième année (fig. 76) ne permet pas de réaliser un ajustement correct en tenant compte du couple  $L_2/L_1$ .

(2) Holden (1963) trouve sensiblement les mêmes résultats au lac Albert.

Tableau LXIX Poids atteints par les *Alestes baremose* mâles et femelles à la fin de chaque année; N = Niger, T = Tchad, L.R = Lac Rodolphe.

Age (mois)	Mâles			Femelles		
	N	T	L.R <sup>+</sup>	N	T	L.R <sup>+</sup>
12		37,0	26,5		36,0	23,2
24	57,3	92,4	193,1	64,1	99,3	162,4
36	79,4	143,1	449,9	98,3	168,4	462,1
48	91,8	174,7	657,0	115,9	222,6	785,8
60	104,2	192,2		131,8	260,0	

<sup>+</sup> Valeurs calculées à partir des relations données par J.Hopson (1975) :  
 $W = 0,0065 L^{3,15}$  ( $\sigma$ ) et  $W = 0,0061 L^{3,15}$  ( $\phi$ ).

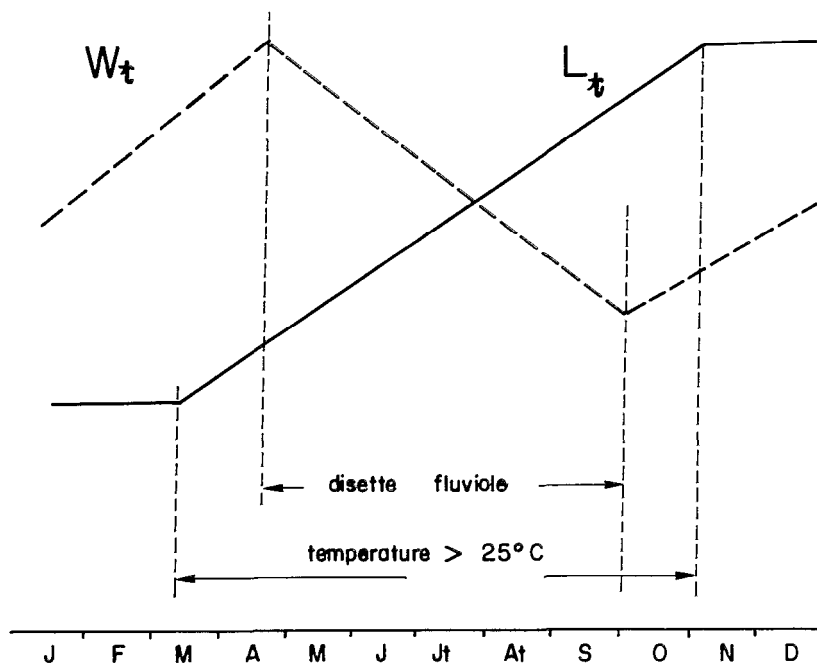


Figure 77 Rythmes de croissance linéaire et pondérale pour les adultes effectuant une migration fluviale annuelle.

L'interprétation des différences constatées entre divers bassins doit être faite à partir des contextes hydroclimatiques et des sources de nourriture. Dans le delta central du Niger, les *Alestes* subissent un arrêt de croissance prolongé - six mois - qui coïncide avec l'étiage du fleuve. Il n'y a pas de zone lacustre permanente à zooplancton abondant. Au Tchad, nous avons vu que l'arrêt de croissance en longueur est de l'ordre de deux à trois mois et coïncide avec les températures les plus basses. Il n'y a pas d'arrêt concomitant de la croissance pondérale, puisque les *Alestes* se nourrissent en saison fraîche sur le zooplancton lacustre et améliorent leur condition durant cette période. Deux facteurs apparaissent donc : nourriture disponible et température des eaux. Nous avons schématisé sur la figure 77 les rythmes de croissance pondérale et linéaire : arrêt pour le poids entre le moment où les *Alestes* entrent dans le système fluvial et la ponte (et même, nous l'avons vu, perte de poids); arrêt pour la croissance en longueur tant que la température reste inférieure à 25°C.

Au Mali, la croissance en longueur ne redémarre pas tant que l'étiage n'est pas terminé, et, bien que la température remonte dès le mois de février au-dessus de 25°C, parce que les poissons n'ont pas pu constituer, comme au Tchad des réserves durant la saison fraîche.

La croissance au lac Rodolphe confirme cette analyse : les deux facteurs limitants mis en évidence ci-dessus - températures basses durant quelques mois et existence d'une période d'alimentation nulle ou difficile - n'existant pas. En effet, les températures restent élevées toute l'année sans variation notable (le lac Rodolphe est situé entre 2 et 4° de latitude nord, à 400 mètres d'altitude) et l'habitat des *Alestes* reste lacustre pendant la plus grande partie de l'année d'où une alimentation de zooplanctophages stricts. On peut penser qu'il n'y a pratiquement pas d'arrêt de croissance, ou, en tous cas, beaucoup moins accusé que dans les bassins plus à l'ouest (1).

Ceci joint à l'efficacité des transferts dans le cas d'une alimentation à base de zooplancton doit nous amener à conclure que les *Alestes baremose* trouvent dans les lacs Albert et Rodolphe des conditions optimales qui leur permettent de réaliser pleinement le potentiel de croissance de l'espèce.

---

(1) J. Hopson distingue deux marques annuelles, déposées de six mois en six mois vers février et août en moyenne. La première pourrait être reliée à un changement saisonnier d'alimentation; la seconde à l'arrivée des eaux de l'Omo et à la reproduction.

## *Chapitre VIII*

### *MORTALITÉS*

Nous avons jusqu'à présent passé en revue les mécanismes tendant à accroître la quantité totale de matière vivante du stock. Il s'agit essentiellement de la reproduction (chapitre III) et de la croissance (chapitre VII). Il reste à préciser maintenant les phénomènes qui ont une influence négative sur la biomasse, à savoir les diverses causes de mortalité.

C'est le jeu combiné de ces deux aspects antagonistes qui fait évoluer le stock dans un sens ou dans l'autre en fonction de la variabilité du recrutement, de la mortalité naturelle et de l'intensité de l'exploitation par l'homme.

### 1 - GÉNÉRALITÉS

La mortalité totale peut se définir comme le nombre total d'individus disparaissant durant un laps de temps donné. On admet très généralement que ce nombre est proportionnel au nombre d'individus survivants, ce que l'on peut écrire  $\frac{dN}{dt} = -Zt$  où  $Z$  est une constante que l'on définit comme coefficient instantané de mortalité totale. Si l'on appelle  $N_0$  le nombre initial d'individus et  $N_t$  le nombre d'individus vivant au temps  $t$ , on obtient en intégrant  $N_t = N_0 e^{-Zt}$ , équation qui permet - pour  $N_0$  et  $Z$  connus - de connaître à tout moment l'effectif survivant au temps  $t$ .

Plus précisément,  $Z$  est défini comme le coefficient instantané de mortalité totale apparente : "totale" parce qu'elle englobe toutes les causes de mortalités, "apparente" parce que les variations d'effectifs peuvent correspondre à des déplacements d'individus entraînant des sous-estimations (immigrations) ou des surestimations (émigrations) des mortalités. Il faudra donc ici en tenir compte, étant donné le comportement migratoire des *Alestes baremose*.

La souplesse d'utilisation des coefficients instantanés tient à leur additivité, contrairement à d'autres coefficients tels les quotients de mortalité par exemple. On peut associer à 3 causes distinctes de mortalité des coefficients instantanés  $Z_1, Z_2, Z_3$ , il leur correspond des diminutions d'effectifs  $-Z_1 N dt, -Z_2 N dt, -Z_3 N dt$ . A l'ensemble de ces causes de mortalité correspond un coefficient  $Z$  et la diminution globale  $-Z N dt$ , d'où, évidemment,

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3.$$

On distingue deux grands types de mortalités : celle due à l'exploitation par l'homme et celle correspondant à toutes les autres causes de mortalité dites "naturelles" : intervention de prédateurs autres que l'homme, maladies, environnement défavorable, sénilité etc ... On leur associe respectivement les coefficients instantanés de mortalité due à la pêche ( $F$ ) et naturelle ( $M$ ). Il résulte de leur définition et de l'additivité des coefficients instantanés que  $Z = F + M$ .

Dans le cas de stocks exploités, il faut distinguer deux phases successives. Tout d'abord, une période pendant laquelle la cohorte est soumise à la seule mortalité naturelle, entre la naissance et l'âge à la première capture ( $t_c$ ) ; on a alors  $Z_1 = M$ . Ensuite, entre  $t_c$  et l'âge maximal atteint  $t_L$  dans la phase exploitée, mortalité naturelle et mortalité due à la pêche interviennent simultanément, on a alors  $Z_2 = F + M$  ( $t_c \leq t \leq t_L$ ).

Cette présentation schématique ne tient pas compte de variations probables des coefficients instantanés de mortalité avec l'âge. Il est certain que les mortalités de jeunes poissons après la naissance sont extrêmement élevées, particulièrement chez les espèces à forte fécondité, telles les *Alestes*. Par ailleurs  $M$  peut aussi varier chez les jeunes, en fonction de la vulnérabilité aux prédateurs autres que l'homme (vulnérabilité qui dépend elle-même de la taille, du biotope etc ...). Enfin, le vieillissement des poissons les plus âgés peut entraîner une augmentation de  $M$ . Il est de même évident que la vulnérabilité aux engins de pêche n'est pas nécessairement identique d'un bout à l'autre de la phase exploitée. Il n'a pas été possible ici de tenir compte de ces éventuelles variations de  $F$  et  $M$ . On peut cependant remarquer que la longévité assez faible des *A. baremose* (de l'ordre de 5 ans pour les mâles et 6 ans pour les femelles) atténue quelque peu le schématique de l'hypothèse ; nous verrons en particulier que la phase exploitée concerne au maximum 4 cohortes et que 2 à 3 seulement ont une importance notable.

L'étude de l'évolution des effectifs avec l'âge est particulièrement malaisée dans le cas des *A. baremoze* du Bassin Tchadien du fait d'un comportement migratoire accusé, déjà évoqué, et aussi de l'évolution à long terme du milieu. L'exemple des prises par unité d'effort de FM 30 dans l'Archipel sud-est (pp. 178-180) est particulièrement démonstratif à cet égard. Nous avons tout d'abord une mortalité totale apparente due au départ progressif des adultes vers le système fluvial : entre avril et novembre 1966 le coefficient instantané annuel correspondant est de l'ordre de 3,5, il reste pratiquement identique en 1968 et caractérise en fait la vitesse de migration du Lac vers les fleuves (fig.54). D'autre part, la diminution des p.u.e. d'une année sur l'autre pourrait faire croire à une diminution du stock sous l'influence d'un effort de pêche excessif alors qu'il y a simplement abandon progressif de l'Archipel sud-est avec la baisse du lac Tchad, baisse pourtant faible encore avant 1970.

Pour ces raisons - avec d'autres évoquées ci-dessous - nous n'avons pu entreprendre d'étude approfondie des mortalités d'*A. baremoze*. Aussi bornons-nous notre ambition à obtenir des ordres de grandeur vraisemblables de la mortalité totale pendant la période 1966-1975.

## 2 : ESTIMATION DE Z

On ne peut envisager ici d'utiliser les statistiques de capture et d'effort, inexistantes pour le Bassin Tchadien. Il n'a pas non plus été possible de procéder à des marquages car le contexte local réclamait trop de moyens pour un résultat aléatoire. Il restait donc l'étude - directe ou indirecte - des structures d'âge.

En toute rigueur, il faudrait évaluer la mortalité d'une cohorte donnée en recherchant des indices d'abondance successifs. Le recrutement est

en effet inconnu et généralement variable et l'abondance des cohortes distinctes au même âge n'est pas nécessairement comparable. Cette variabilité du recrutement est certaine dans le cas des stocks de la zone sahélo-soudanienne : l'importance de chaque classe d'âge est déterminée en partie par celle des crues correspondantes des fleuves. Dans le cas des *A.baremoze* du Bassin Tchadien c'est surtout le Logone qui - en inondant plus ou moins les plaines adjacentes - conditionne le prérecrutement. Il était cependant obligatoire ici de supposer le recrutement constant, en espérant compenser les biais éventuellement introduits par le nombre d'estimations de  $Z$  à des époques différentes.

## 2.1 METHODES

La démarche la plus directe, en théorie tout au moins, consiste à bâtir des clés âge-longueur donnant, pour chaque classe de taille, l'importance relative de chaque âge. La réalisation de telles clés est en fait malaisée car elle suppose un échantillonnage correct de tous les âges à toutes les tailles. La meilleure solution serait de convertir les structures de taille de chaque échantillon en structures d'âge ainsi que l'a fait Le Guen (1971) pour les *Pseudotolithus elongatus* du Congo. Ceci va de pair avec une lecture d'âge sûre et aisée, ce que ne permettent pas les écailles d'*Alestes*. Aussi avons-nous dû combiner les estimations directes et les estimations obtenues à partir de deux méthodes indirectes (1).

La première méthode, appelée "méthode des longueurs moyennes" consiste à estimer  $Z$  pour l'ensemble de la population : il est en effet évident que la taille moyenne des poissons capturés est directement reliée à la mortalité et l'on peut, suivant le type de croissance choisi, calculer une mortalité moyenne en fonction de la taille moyenne. Dans le cas du modèle de Von Bertalanffy, Beverton et Holt (1956) ont montré que l'on a  $Z = \frac{k(L_{\infty} - \bar{L})}{\bar{L} - L_c}$  où  $\bar{L}$  est la longueur moyenne des poissons dans les captures,  $k$  et  $L_{\infty}$  les paramètres de l'équation de Bertalanffy et  $L_c$  la taille moyenne à la première capture. Pour faciliter les calculs nous avons construit les nomogrammes correspondants pour les mâles et les femelles (fig.78) dans les gammes de taille les plus probables pour  $\bar{L}$  et  $L_c$ . On voit que les variations de  $Z$  pour des variations relativement faibles des tailles sont importantes. Autrement dit l'estimation de  $Z$  est très sensible à la précision de  $\bar{L}$  et  $L_c$ .  $\bar{L}$  est généralement bien connu, mais  $L_c$  est plus difficile à préciser et l'on peut dire avec Le Guen (1971) que la méthode est surtout intéressante pour estimer  $L_c$  à partir de  $Z$  et  $\bar{L}$ , elle nous a surtout servi ici à vérifier les ordres de grandeur trouvés par ailleurs.

(1) La difficulté est analogue à celle rencontrée par Gheno (1973) pour les Sardinelles du Congo.

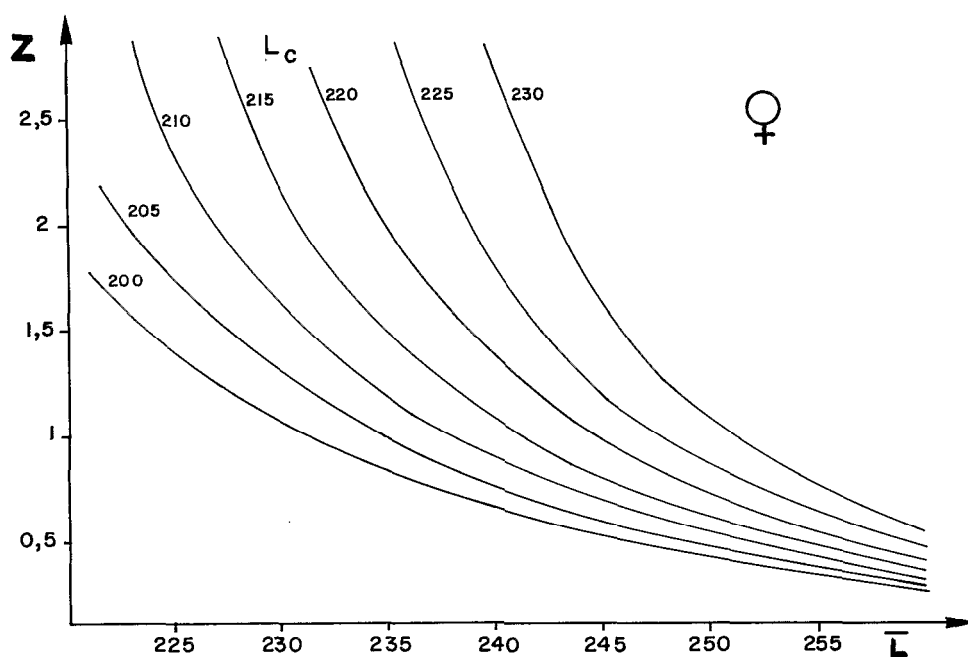
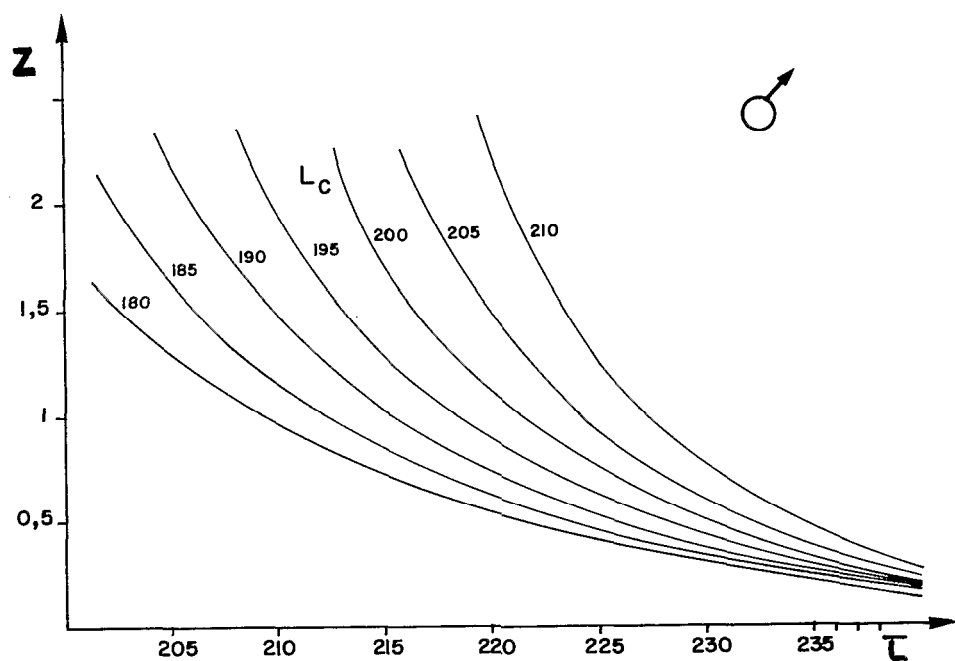


Figure 78 Valeurs de  $Z$  en fonction de  $\bar{L}$  et  $L_c$ , d'après la formule  $Z = k (L_\infty - \bar{L}) / (\bar{L} - L_c)$ .



La deuxième méthode employée est basée sur une transformation de l'équation générale  $N_t = N_0 e^{-Zt}$ . En effet, sous réserve que l'on puisse admettre que  $Z$  est constant dans l'intervalle étudié, on peut écrire  $\text{Log } N_t = -Zt + \text{Log } N_0$ ; relation linéaire qui se traduit graphiquement par l'alignement des couples  $\text{Log } N_t/t$  sur une droite de pente  $-Z$ . Une application pratique de cette propriété consiste à utiliser la loi de croissance en longueur obtenue précédemment et à découper les histogrammes de longueur étudiés en tranches d'âge équivalentes, délimitées par des tailles à des âges donnés, régulièrement espacés (de 3 mois ici). Les portions d'histogrammes ainsi délimitées correspondent alors à des effectifs d'individus ayant un âge moyen donné. D'où les couples  $\text{Log } N_t/t$  recherchés pour l'estimation de  $Z$ . La technique est surtout valable si la reproduction de l'espèce est continue et semble encore acceptable si la saison de ponte est assez étalée. On se trouve ici dans le cas opposé puisque les pontes s'effectuent durant un laps de temps court, de l'ordre de deux mois (chap. III). Il était donc nécessaire de tester la validité de la méthode ; c'est ce que nous avons fait en essayant de simuler l'évolution vraisemblable d'une population d'*A. baremoze*.

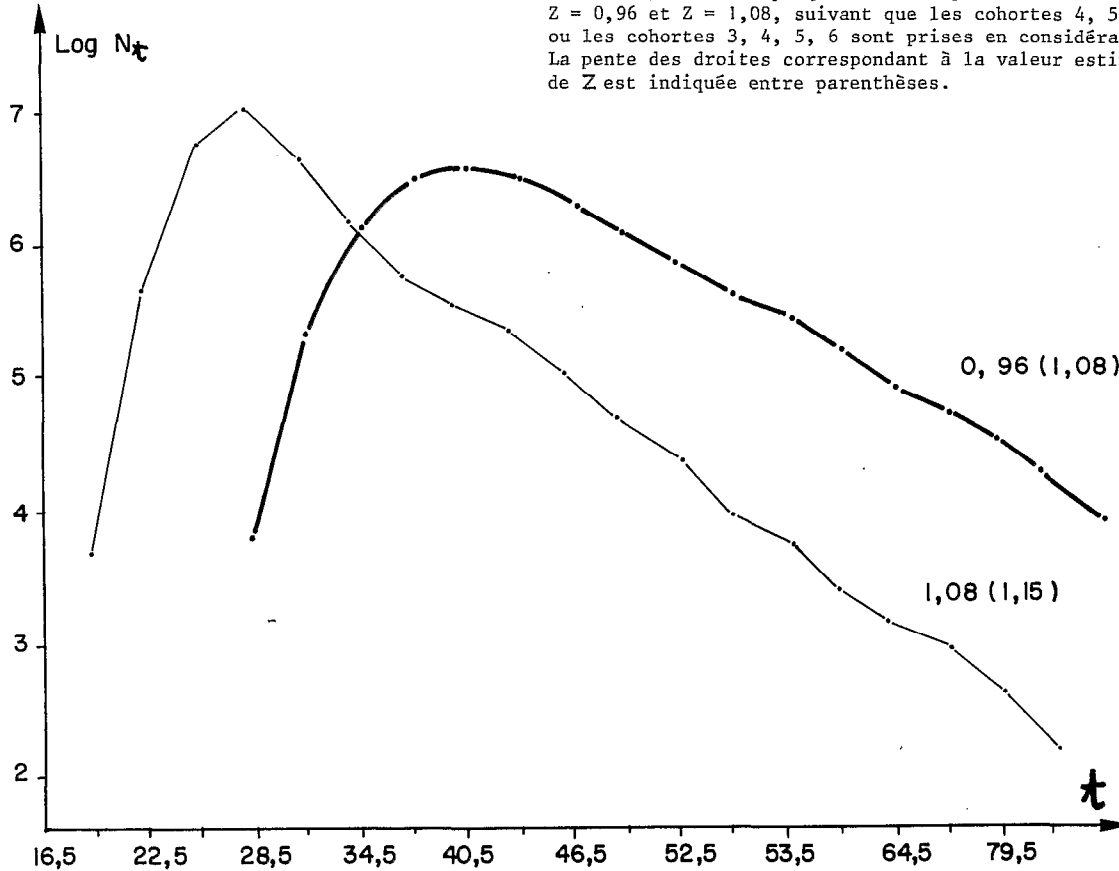
Pour ce faire nous avons pris comme point de départ une cohorte de 10.000 individus dont l'effectif varie suivant une valeur de  $Z$  arbitrairement choisie. A partir de la première cohorte (ici celle des jeunes de 4 mois lors de l'arrêt de croissance) on déduit les histogrammes de taille correspondant à cette cohorte un an plus tard, 2 ans etc ..., ces histogrammes admettent comme valeurs modales les tailles à 4, 16, 28 mois ... La reconstitution des effectifs par classe de taille pour toutes les cohortes a été faite à partir des hypothèses suivantes :

- a) - la distribution des tailles des jeunes de 4 mois peut être assimilée à une courbe normale ;
- b) - les histogrammes issus du premier restent symétriques ;
- c) - ils gardent la même amplitude que le premier (ce qui revient à dire qu'il y a une relation linéaire en  $\bar{L}$  et  $\bar{S}_L$ ).

Ces hypothèses correspondent aux observations effectuées sur les *A. baremoze* à partir des structures de taille et des lectures d'âge. La superposition des cohortes successives permet de reconstituer l'histogramme de la population à un moment donné. Il ne reste plus ensuite qu'à donner les effectifs par trimestre à partir des tailles atteintes par les *A. baremoze* de 3 mois en 3 mois et à comparer la pente de la droite  $\text{Log } N_t = at + b$  à la valeur de  $Z$  arbitrairement choisie au départ.

La figure 79 présente deux exemples de graphiques obtenus ainsi. Il y a toujours une branche descendante allongée où les points sont parfaitement alignés (les coefficients de corrélation calculés pour cette portion sont dans tous les cas égaux ou supérieurs à 0,990). A gauche par contre la courbe est

Figure 79 Deux exemples de graphiques obtenus par simulation pour  $Z = 0,96$  et  $Z = 1,08$ , suivant que les cohortes 4, 5, 6 ou les cohortes 3, 4, 5, 6 sont prises en considération. La pente des droites correspondant à la valeur estimée de  $Z$  est indiquée entre parenthèses.



irrégulière et correspond à des effectifs croissants avec le temps. Cet artefact est dû au fait que jusqu'à 30 mois environ le nombre de cohortes représentées dans chaque trimestre est de 1 ou 2. Nous n'avons considéré dans le calcul que la branche descendante du graphique. Le tableau LXX et la figure 80 présentent les résultats obtenus (Z et a sont donnés en valeurs annuelles).

S'il y avait une bonne correspondance entre Z et a, la courbe obtenue devrait être assez proche de la première bissectrice des axes. On voit qu'il y a en fait sous-estimation de Z au-dessous de 1,30 et surestimation au delà. La relation reste utilisable, tant que les valeurs de Z ne sont pas trop faibles soit  $Z \gg 0,5/0,6$  environ, en apportant les corrections correspondantes. Les comparaisons effectuées avec les quelques cas où Z a pu être estimé directement par lecture d'âge donnent des résultats compatibles. Il serait probablement intéressant de répéter cette approche avec d'autres espèces pour lesquelles on a une connaissance approfondie de la croissance. Faute de meilleures données, cela peut permettre d'obtenir des estimations préliminaires de Z.

## 2.2 RESULTATS

On peut distinguer schématiquement trois périodes entre 1966 et 1975.

Entre 1966 et 1970, les diverses estimations de Z concordent assez bien. L'utilisation conjointe de lectures d'âge et des structures de taille pour les pêches à la senne effectuées à Mailao sur le Chari et à Logone Gana sur le Logone en août 1966 et d'avril à juillet 1967 donnent des estimations de Z comprises entre 0,54 et 0,87, valeurs extrêmes encadrant des estimations variant surtout de 0,6 à 0,8. Il est intéressant de constater que l'utilisation des données du FM 30 durant cette période conduit à des estimations légèrement supérieures mais non contradictoires : de 0,68 à 0,93 pour diverses pêches effectuées entre 1966 et 1969 dans le système fluvial et le delta du Chari. La sélectivité du filet maillant intervient relativement peu en effet - en surestimant la mortalité puisque les âges les plus élevés sont sous-représentés - dans la mesure où les structures de taille dans le système fluvial lors de la migration anadrome des adultes sont très marquées et correspondent assez bien à la zone de capture du FM 30. En 1970 les pêches à la senne effectuées en août sur le Chari entre Mailao et N'Djamena conduisent à des valeurs faibles de Z : 0,41 à 0,60. L'examen des prises par unité d'effort des FM 25, 30, 35 expérimentaux ainsi que du FM 28,5 local en 1969 et 1971 ne confirment pas des valeurs aussi basses qui résultent sans doute d'un échantillonnage non représentatif (1).

(1) Nous n'avons pas utilisé ici les pêches de l'Archipel sud-est car, suivant l'époque de capture, les adultes matures peuvent avoir émigré vers les fleuves.

Tableau LXX Valeurs de Z estimées (a) pour les valeurs de Z arbitrairement choisies.  $\Delta$  désigne l'écart relatif  $a-Z$ .

Z	a	$\Delta$ (%)
0,12	0,54	+ 350,0
0,24	0,62	+ 158,3
0,36	0,68	+ 88,9
0,48	0,77	+ 60,4
0,60	0,84	+ 40,0
0,72	0,92	+ 28,3
0,84	1,00	+ 18,6
0,96	1,08	+ 12,5
1,08	1,15	+ 6,1
1,20	1,24	+ 3,3
1,32	1,28	- 2,7
1,44	1,37	- 5,0
1,56	1,43	- 8,5
1,68	1,48	- 12,1
1,80	1,51	- 16,1

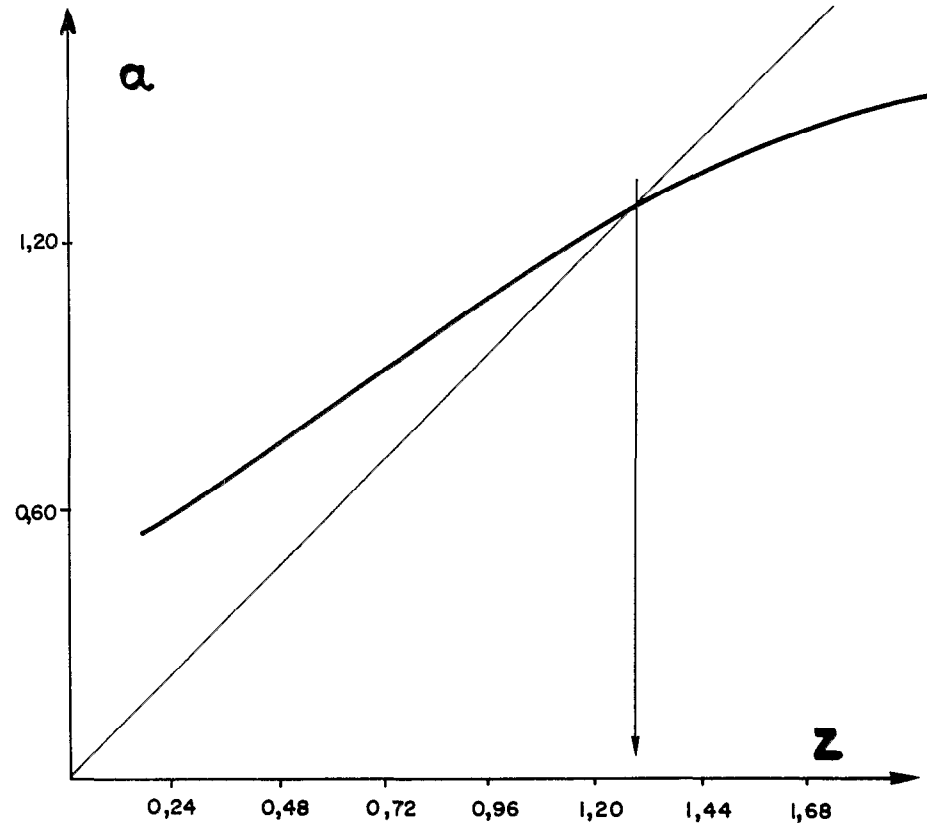


Figure 80 Relation entre Z et a, valeur estimée de Z par simulation (valeurs annuelles),

1971-72 semble une époque de transition. Aucune pêche à la senne n'a été effectuée dans le système fluvial aussi avons-nous dû essayer d'utiliser les filets maillants pour avoir un ordre de grandeur et un sens d'évolution. Nous disposons de mensurations effectuées au sein de l'équipe de pêche que nous avons installée au Delta en 1971 et 1972. Le FM 28,5 local, monté avec un fil très fin, a un intervalle de capture comparable au FM 30 expérimental. Les estimations de Z, effectuées ici sur des échantillons importants sont assez stables, de l'ordre de 1,00 à 1,22. En tenant compte du fait que le FM 30 conduirait à des valeurs de Z légèrement surestimées pour la période 1966-69, on peut penser que Z a augmenté pour approcher 1,00, très approximativement.

Après 1972, les pêches à la senne effectuées dans la région deltaïque correspondent à des valeurs de Z comprises entre 2 et 3. En fait, elles ne sont plus du tout représentatives car elles correspondent à des échantillons où les grands adultes sont tout à fait sous-représentés : nous arrivons en effet - fin 1972 et début 1973 - à l'accélération de la baisse du lac et à un comportement nouveau des *Alestes* qui se réfugient dans la cuvette nord du lac. Dans cette région en 1973-74, tout se passe comme si les *Alestes* étaient soumis à une exploitation moyenne plus intense, mais relativement stable : les prises par unité d'effort des FM 30 et 35 - donc l'abondance de grands adultes - restent très élevées jusqu'au tout dernier moment, en décembre 1974, avant que le stock ne disparaisse. Il est probable qu'une nouvelle augmentation de Z s'est produite durant cette troisième phase, phase ultime d'épuisement du stock.

### 3 - CONCLUSIONS

Pour approcher les problèmes de production et de rendement par recrue nous avons besoin d'estimations séparées des coefficients instantanés M et F. Dans le cas des *Alestes baremose* du Tchad aucune évaluation directe ne peut être faite. On peut cependant remarquer que l'on sait qu'il y a une corrélation entre le type de croissance observée et la longévité de l'espèce : celle-là étant généralement d'autant plus lente que celle-ci est élevée. Plus précisément, Beverton et Holt (1969) ont étudié les relations entre vitesse de croissance et mortalité naturelle et ils ont montré qu'il y avait une relation plus ou moins linéaire entre M et le coefficient k de Bertalanffy pour quelques familles de poissons marins suffisamment bien connues.

Les travaux conduisant à des estimations de M pour les poissons tropicaux d'Afrique continentale sont rares sinon inexistants. En mer Le Guen (1971) a trouvé pour les *Pseudotolithus elongatus*, espèce de longévité supérieure à celle d'*Alestes*, des valeurs de M étagées entre 0,162 ( $M_{0-1}$ ) et 0,439 ( $M_{4-5}$ ) (1). Dans le même ordre d'idées, Fontana (comm. pers.) trouve des valeurs de M comprises entre 0,2 et 0,6 pour les poissons démersaux congolais.

Les *Alestes baremose* ont une longévité assez faible (5 ans pour les mâles, 6 ans pour les femelles). Par ailleurs, les conditions de milieu dans la zone sahélo-soudanienne, par leur variabilité (assèchements périodiques de zones inondables, desoxygénations brutales et températures élevées fréquentes dans les eaux de faible profondeur ...) doivent entraîner une mortalité naturelle plus élevée. Dans le cas présent nous avons supposé que M était de l'ordre 0,3 à 0,5. Cette hypothèse correspond à la première phase de notre étude avec un milieu lacustre bien développé. Avec l'assèchement du lac, la mortalité dite naturelle a dû augmenter.

---

(1) Sans parler des premières semaines où la mortalité naturelle doit être très élevée, particulièrement chez les espèces à forte fécondité, il est probable en effet que M augmente avec l'âge. Par ailleurs les valeurs de k supérieures chez les mâles ont sans doute comme corollaire des valeurs de M supérieures. Nous ne tenons compte ici ni des différences entre sexes, ni des variations de M avec l'âge.

Les grands traits de l'évolution de la mortalité due à la pêche se déduisent des estimations de  $Z$  et de  $M$  : de 1966 à 1970, la mortalité due à la pêche devait être faible de l'ordre de 0,4 et l'exploitation modérée (fig.81). Cette exploitation s'intensifie peu à peu pour aboutir en 1971-72 à des valeurs de  $F$  de 0,6 à 0,8. A partir de la fin 1972 jusqu'à décembre 1974 - époque de disparition du stock - il est probable que  $Z$  a connu une nouvelle et notable augmentation que l'on peut situer - pour fixer les idées - à des valeurs de l'ordre de 1,4 à 1,7.

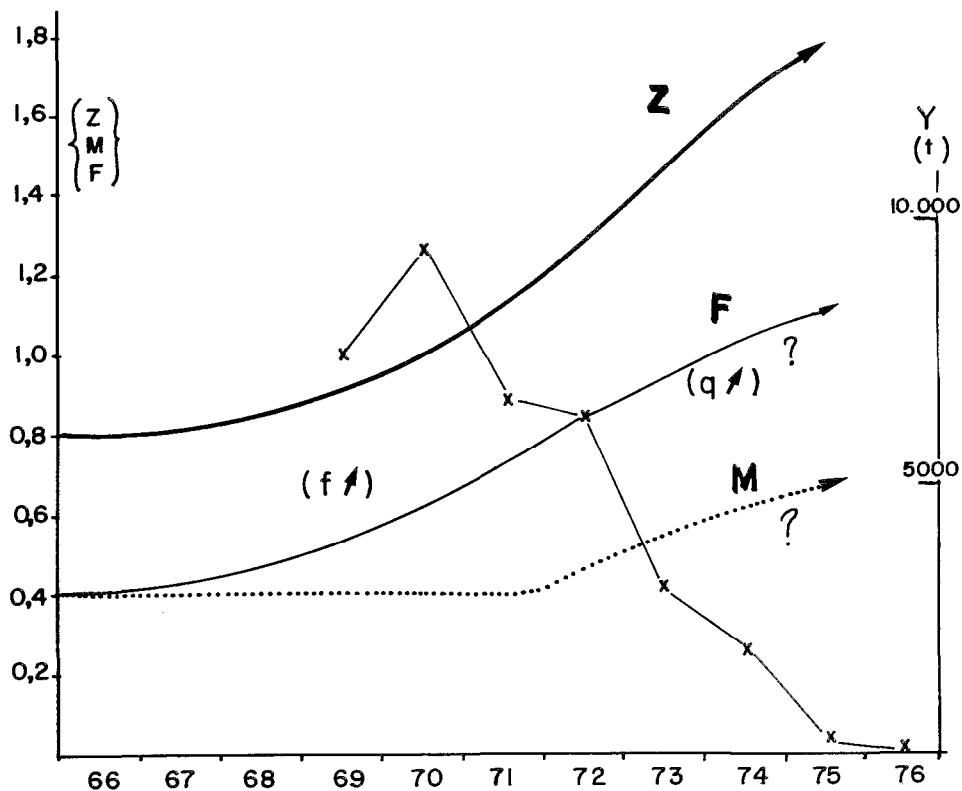


Figure 81 Evolution schématique probable des coefficients instantanés de mortalité. (Le trait fin correspond aux captures totales annuelles).

Ces deux phases d'augmentation de la mortalité due à la pêche ne sont pas du tout analogues : dans la première phase c'est probablement l'augmentation de l'effort de pêche  $f$  - ainsi que sa concentration dans la zone deltaïque - qui conduit à l'augmentation de  $F$ . Dans la dernière phase précédant de peu la disparition du stock, il n'y a pas eu nécessairement augmentation de l'effort de pêche global, limité par l'extension de plus en plus réduite de la zone de répartition des *A. baremose* mais bien plutôt une vulnérabilité accrue de poissons concentrés dans des milieux où la pêche est plus facile, donc augmentation de  $q$ , qui représente dans l'expression  $F = qf$  la mortalité par unité d'effort de pêche, et aussi augmentation parallèle de  $M$  au cours de l'assèchement.



### *Chapitre IX*

#### *PRODUCTION ET CAPTURES*

L'évolution du poids de l'individu et celle des effectifs en fonction du temps nous permet de passer aux estimations de production. La production "nette" correspond classiquement à la quantité de matière produite pendant un intervalle de temps donné, y compris les individus morts dans l'intervalle. Il est nécessaire ici de bien séparer deux aspects : d'une part la production de la population naturelle en l'absence de toute exploitation (P), d'autre part la production de la phase exploitée et tout particulièrement les quantités totales récoltables par l'homme (Y).

Le premier aspect est abordé par l'étude du rapport production sur biomasse moyenne ( $P/\bar{B}$ ), rapport qui traduit la vitesse de renouvellement de la biomasse de la population étudiée. La phase exploitée est abordée, quant à elle, à l'aide des modèles structuraux de Beverton et Holt d'une part, de Ricker d'autre part.

## 1 - PRODUCTION DE LA POPULATION ET RAPPORT $P/\bar{B}$

Le rapport  $P/\bar{B}$  est exprimé par unité de temps et l'avantage de cette durée de référence (choisie ici égale à l'année) est qu'elle permet des comparaisons directes entre populations d'une même espèce, entre espèces différentes d'un bassin donné ou entre populations d'écosystèmes distincts. Bien qu'il ne soit utilisable au sens strict que pour des populations stables (Winberg, 1971), son introduction dans les études de production réalisées ces dernières années s'est révélée positive même quand les données observées concernaient des populations d'importance assez fluctuante, en fonction d'un recrutement souvent variable.

Allen (1971) a recherché les relations donnant les valeurs de  $P/\bar{B}$  pour diverses combinaisons de modèles de croissance et de mortalité. L'un des résultats que nous retiendrons ici est que lorsque le modèle de mortalité est le modèle exponentiel simple  $N_t = N_0 e^{-Zt}$  son association à la plupart des modèles de croissance utilisés par Allen conduit à  $\frac{P}{\bar{B}} = Z$ . C'est vrai en particulier pour le modèle de Von Bertalanffy (1).

Allen a admis qu'il y avait extinction progressive des cohortes. Cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée et l'existence d'une relation entre le taux de production et la longévité ( $T$ ) a été pressentie par divers auteurs. C'est pourquoi nous avons recherché (Levêque, Durand, Ecoutin, 1977) l'existence de relations théoriques entre  $\frac{P}{\bar{B}}$  et longévité,  $T$ , (et aussi âge moyen) en

---

(1) On montre en effet que, avec  $N_t = N_0 e^{-Zt}$  et  $W_t = W_\infty [1 - e^{-kt}]^3$ ,  
 l'intégrale de production  $\int \frac{N_t}{dt} dW$  est  $3kN_0W_\infty \left( \frac{1}{Z+k} - \frac{2}{Z+2k} + \frac{1}{Z+3k} \right)$   
 $= \frac{6k^3 N_0 W_\infty}{(Z+k)(Z+2k)(Z+3k)}$  alors que l'intégrale de biomasse  $\int N_t W_t dt$   
 est  $N_0 W_\infty \left( \frac{1}{Z} - \frac{3}{Z+k} + \frac{3}{Z+2k} + \frac{1}{Z+3k} \right) = \frac{6k^3 N_0 W_\infty}{Z(Z+k)(Z+2k)(Z+3k)}$ .

tenant compte de la proportion d'individus survivants disparaissant lorsque la durée de vie maximale est atteinte. Dans le cas de la mortalité exponentielle associée à une croissance de type Von Bertalanffy, on trouve

$\frac{P}{\bar{B}} = T \cdot 4,45 \cdot S^{-0,191}$  où  $S$  désigne le taux de survie. Nous n'avons pas à en tenir compte ici, le nombre de survivants à l'âge maximal étant toujours négligeable.

### 1.1 METHODES

Les valeurs de  $P/\bar{B}$  pour les *Alestes baremoze* ont été calculées en supposant que les populations étaient en équilibre et qu'elles présentaient un certain nombre de caractéristiques :

- nombre de jeunes identique à chaque reproduction (recrutement constant) ;
- poids à la naissance nul ;
- reproduction limitée dans le temps et jeunes apparaissant tous en même temps ;
- coefficient instantané de mortalité naturelle ( $M$ ) constant durant toute la vie des individus.

Ces hypothèses simplificatrices sont admises pour la plupart des modèles théoriques de production.

La biomasse d'une classe d'âge  $i$  au temps  $t$ ,  $B_{ti}$ , est égale à  $N_{ti} \times \bar{W}_{ti}$ , produit de l'effectif de cette classe par le poids moyen des individus. La biomasse de la population au temps  $t$ ,  $B_t$ , est la somme de biomasses de chacune des  $n$  classes d'âge :  $B_t = \sum_1^n B_{ti}$ .

La production a été calculée en utilisant la formule de Boysen Jensen : entre les temps  $i$  et  $i+1$   $P = N_{i+1} (\bar{W}_{i+1} - \bar{W}_i) + (N_i - N_{i+1}) \frac{\bar{W}_{i+1} + \bar{W}_i}{2}$ . Cette méthode de calcul de la production donne de très bons résultats lorsque les intervalles sont courts (elle est en fait très proche de celle employée dans le modèle arithmétique de Ricker). Dans nos calculs, la production a été obtenue mois par mois, comme la biomasse de la population : il s'ensuit que la biomasse moyenne annuelle de la population est la somme des biomasses mensuelles divisée par 12 et que la production annuelle d'une classe d'âge est la somme des productions mensuelles (1). Enfin, la production annuelle de la population est égale à la somme des productions annuelles de chacune des classes (dans la mesure où l'on peut admettre que le recrutement est constant).

(1) La figure 82 explicite le mode de calcul de la biomasse moyenne (exemple des femelles pour  $Z$  annuel élevé : 1,44).

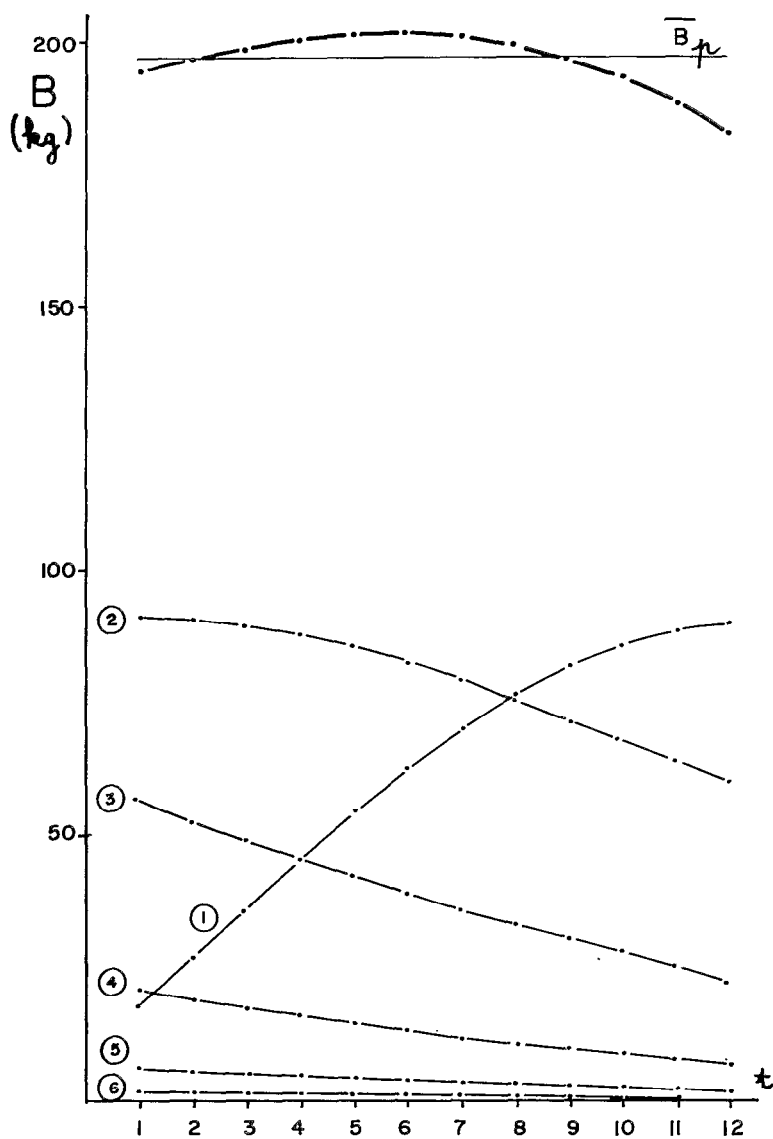


Figure 82 Calcul de la biomasse moyenne de la population ( $\bar{B}_p$ ) à partir des biomasses des cohortes (numérotées ici de 1 à 6) dans le cas des femelles avec  $Z$  annuel = 1,44.

## 1.2 RESULTATS

Nous avons effectué des essais préalables pour voir dans quelle mesure on pouvait simplifier les calculs conduisant à  $P$ ,  $\bar{B}$  et  $P/\bar{B}$ . C'est ainsi que l'on a pu constater que l'on pouvait négliger - dans le cas présent - l'arrêt de croissance, qui n'introduit aucune différence globale. En ce qui concerne l'influence du coefficient d'allométrie une augmentation de  $b$  de 2,85 à 3,00 augmente  $P$  et  $\bar{B}$  de 10 à 5% (suivant les valeurs de mortalité) mais ne modifie pas significativement  $P/\bar{B}$ . Nous avons gardé ici pour simplifier  $b = 3$ , ce qui revient à surestimer légèrement les productions et biomasses des classes jeunes et à sous-estimer quelque peu celles des classes âgées, sans que les écarts introduits soient très appréciables. Enfin, une dernière simplification a été envisagée : elle consistait à supposer  $t_0 = 0$  (au lieu des valeurs négatives trouvées au chapitre VII) : on sous-estime alors notablement la biomasse et l'on trouve des valeurs de  $P/\bar{B}$  d'autant plus surestimées que  $Z$  est élevé. Nous avons donc finalement utilisé l'équation globale trouvée pour la croissance pondérale dans chaque sexe, avec  $b = 3$  et les valeurs négatives de  $t_0$  précédemment trouvées.

Le tableau LXXI donne pour les deux sexes les valeurs de  $P$ ,  $\bar{B}$  et  $P/\bar{B}$  obtenues pour chacune des valeurs annuelles de  $Z$  considérées ( $P$  et  $\bar{B}$  sont exprimées en kg et se rapportent à un effectif initial  $N_0 = 10.000$ ).

Tableau LXXI Variations de  $P$ ,  $\bar{B}$ ,  $P/\bar{B}$  en fonction de  $Z$   
( $P$  et  $\bar{B}$  en kg, pour  $N_0 = 10.000$ ).

Z (annuel)	Mâles			Femelles		
	P	$\bar{B}$	$\frac{P}{\bar{B}}$	P	$\bar{B}$	$\frac{P}{\bar{B}}$
0,60	624,0	1045,8	0,60	797,8	1333,6	0,60
1,02	375,7	375,4	1,00	435,6	430,9	1,01
1,44	251,5	179,5	1,40	274,7	196,8	1,40
1,86	181,0	101,0	1,79	189,8	106,8	1,78
2,28	137,1	63,0	2,18	139,9	65,1	2,15

Etant donné que la mortalité est probablement assez élevée, malgré des longévités relativement faibles chez les *A. baremose* (de l'ordre de 5 ans chez les mâles et 6 ans chez les femelles) le nombre de survivants atteignant l'âge maximal est toujours très faible et l'on trouve pour  $P/\bar{B}$  des valeurs très proches de  $Z$ , d'autant plus que  $Z$  est plus faible.

Par ailleurs, on constate que productions et biomasses sont nettement supérieures chez les femelles mais que ces différences s'atténuent quand  $Z$  augmente (fig.83) : l'importance des classes âgées - où l'écart de poids entre sexes est important - est d'autant plus forte que  $Z$  est moins élevé (donc le stock sous-exploité).

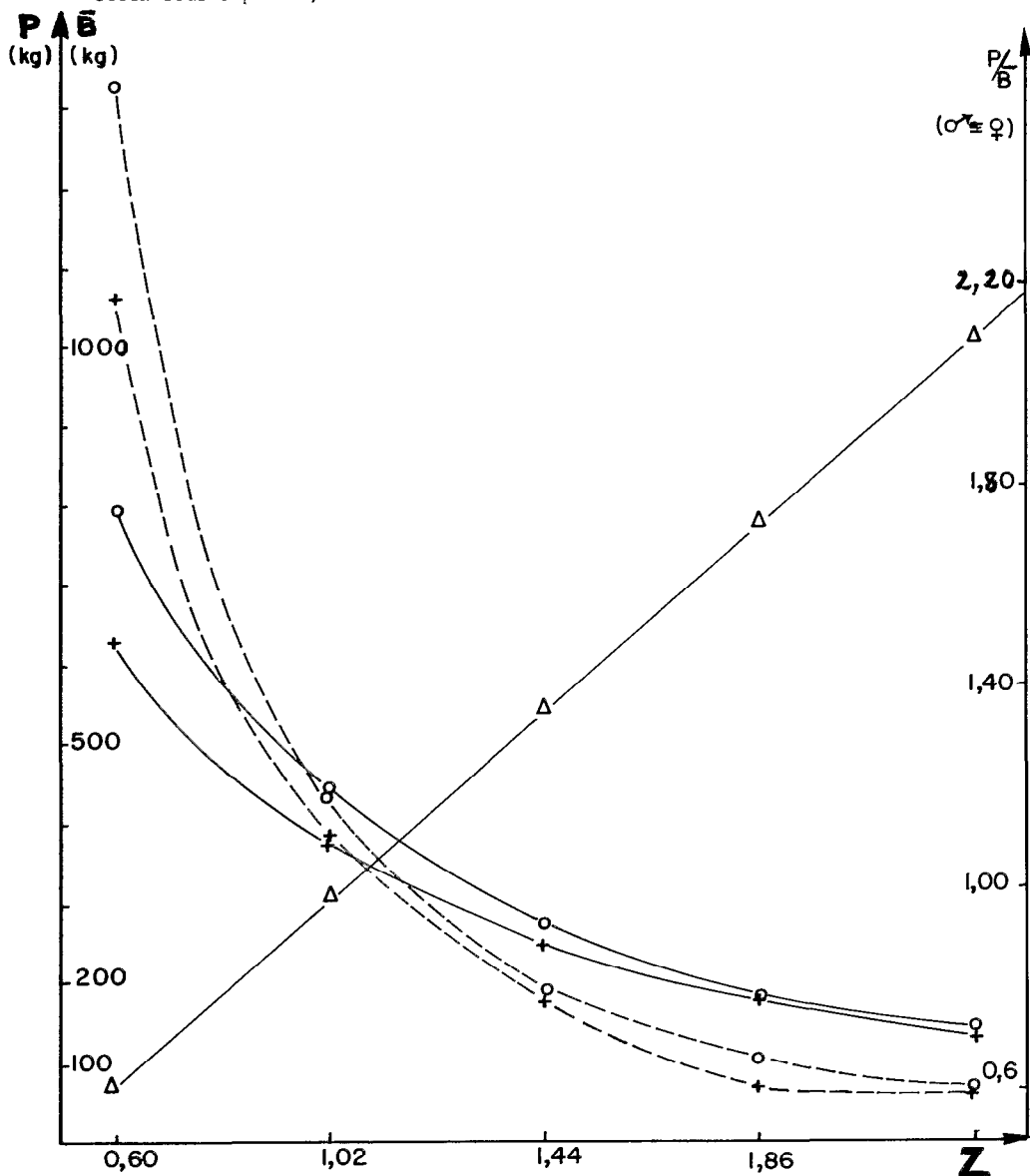


Figure 83 Variations de la production (—) et de la biomasse moyenne (---) d'une population d'*Alestes baremoze* (+ mâles ; o femelles, en kg pour  $N_0 = 10.000$ .

Pour illustrer l'importance relative des diverses classes d'âge dans la production de la population en fonction de la mortalité totale nous avons rassemblé dans le tableau LXXII et la figure 84 les valeurs des contributions relatives (%) de chacune des classes d'âge à la production totale. On voit que, pour des valeurs de  $Z$  identiques, la répartition des productions est légèrement différente selon le sexe : la croissance relativement plus rapide chez les jeunes mâles explique ces différences. L'essentiel de la production est toujours fourni par les premières classes d'âge : 90% pour les classes 1 et 2 chez les mâles pour  $Z = 1,02$  ; 83% pour les femelles. Ce n'est que pour des valeurs basses de  $Z$  que la troisième classe d'âge garde une production notable (ici pour  $Z = 0,6$ ). Et ce n'est que pour  $Z < 0,6$  que la deuxième classe d'âge produit plus que la première chez les femelles.

Tableau LXXII Contribution relative des diverses classes d'âge à la production de la population pour chaque sexe (P et B en kg pour  $N_0=10.000$ ).

		Mâles					Femelles				
Z (annuel)		0,60	1,02	1,44	1,86	2,28	0,60	1,02	1,44	1,86	2,28
Production des classes d'âge (%)	1	41,9	55,3	66,5	75,4	82,3	32,5	47,1	59,8	70,3	78,4
	2	36,4	33,3	27,7	21,7	16,4	35,7	35,6	31,2	25,3	19,5
	3	14,8	9,0	5,0	2,6	1,3	19,1	12,7	7,4	4,0	2,0
	4	4,8	1,9	0,7	0,2	0,1	8,0	3,5	1,3	0,5	0,1
	5	1,4	0,4	0,1	0	0	3,0	0,9	0,2	0	0
	6	0,4	0	0	0	0	1,1	0,2	0	0	0
P (kg)		624,0	375,7	251,5	181,0	137,1	797,8	435,6	274,7	189,8	139,9
B (kg)		1045,8	375,4	179,5	101,0	63,0	1333,6	430,9	196,8	106,8	65,1

La production (pour  $N_0 = 10.000$ ) est légèrement supérieure pour les mâles dans la première classe d'âge (2 à 4%). Pour toutes les autres classes la production des femelles est supérieure, ce qui se traduira par des écarts de rendement dans la phase exploitée beaucoup plus importants que pour la production totale.

Nous avons considéré jusqu'ici une situation fictive où les *Alestes baremoze* étaient soumis à une mortalité identique de leur naissance à leur mort. Cette situation ne se rencontre que dans le cas d'un stock vierge où les prélè-

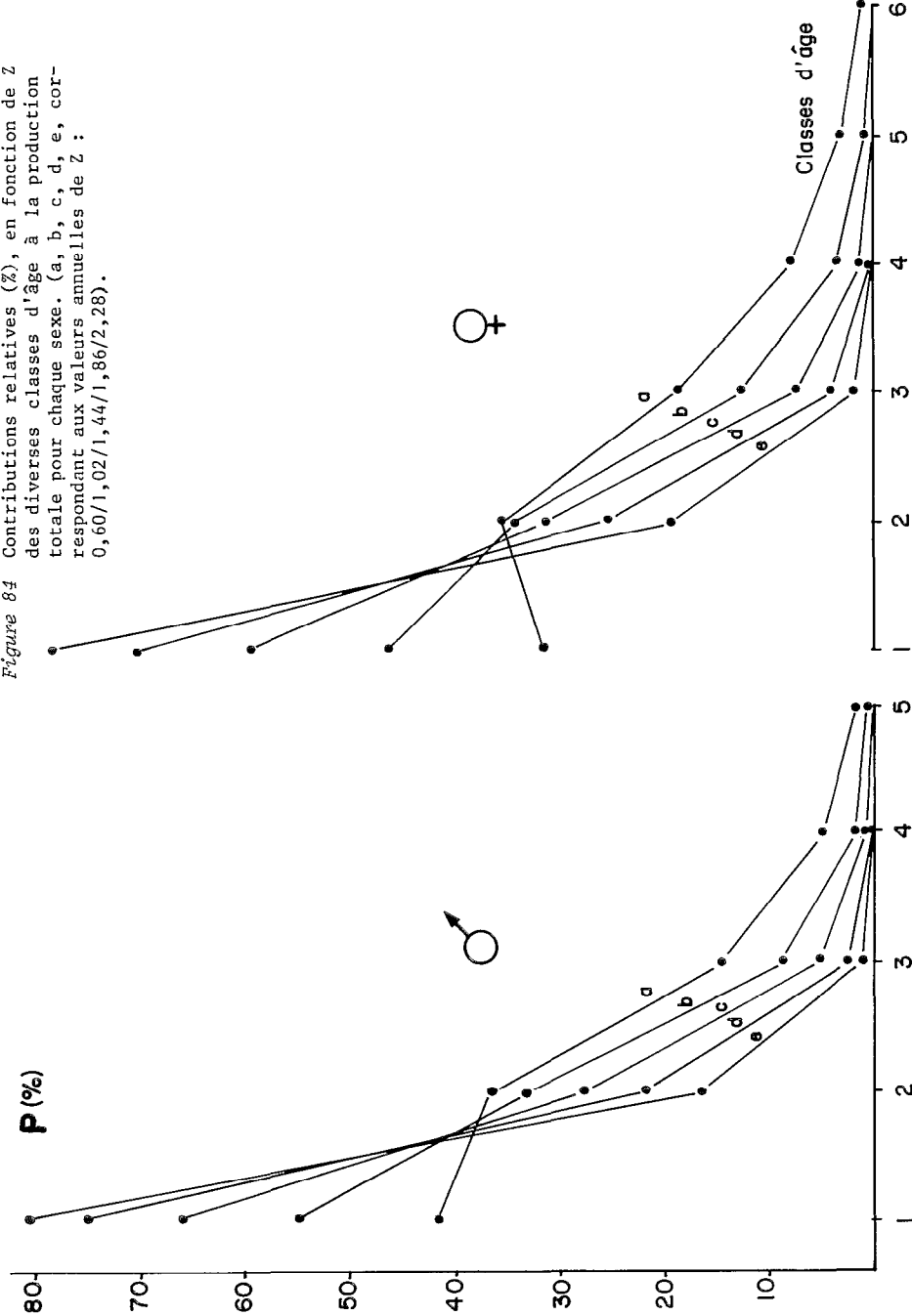


Figure 84 Contributions relatives (%), en fonction de Z des diverses classes d'âge à la production totale pour chaque sexe. (a, b, c, d, e, correspondant aux valeurs annuelles de Z : 0,60/1,02/1,44/1,86/2,28).



vements opérés par l'homme sont nuls ou négligeables. Nous avons donc cherché quelles étaient les valeurs de  $P/\bar{B}$  dans le cas d'un stock exploité en supposant qu'à partir de  $t_c$  (âge moyen à la première capture, choisi ici égal à 30 mois, ce qui correspond à l'exploitation fluviale), la mortalité totale augmentait, la mortalité due à la pêche venant s'ajouter à la mortalité naturelle (tableau LXXIII et figure 85).

*Tableau LXXIII* Valeurs de  $P$ ,  $\bar{B}$  et  $P/\bar{B}$  pour divers cas de stocks exploités d'*A. baremose* ( $t_c = 30$  mois).  $Z_1$  désigne la mortalité entre  $t_0$  et  $t_c$  ( $Z_1 = M$ ) ;  $Z_2$  la mortalité pour  $t > t_c$  ( $Z_2 = M + F$ ).  $Z_1$  et  $Z_2$  représentent des valeurs annuelles.  $P$  et  $\bar{B}$  sont donnés en kilogrammes pour  $N_0 = 10.000$ .

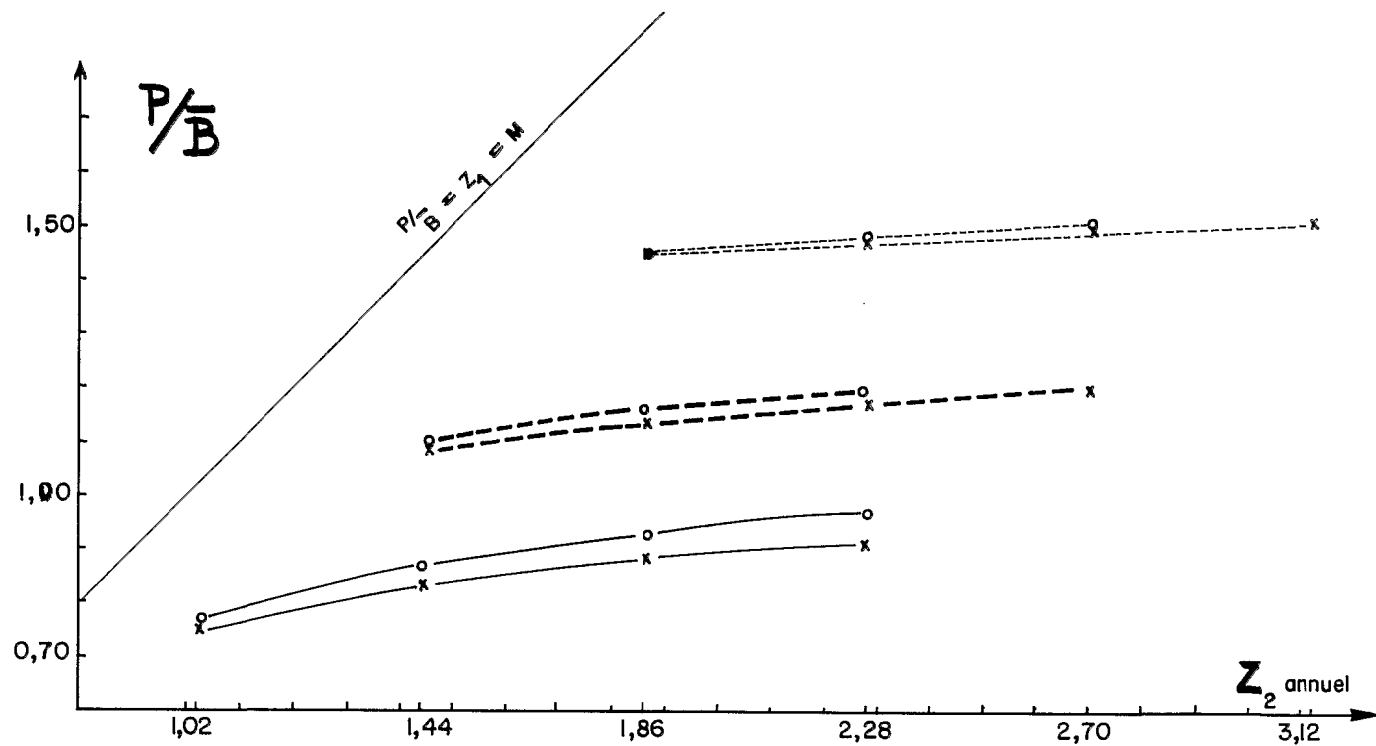
$Z_1$	$Z_2$	Mâles			Femelles		
		$P$	$\bar{B}$	$P/\bar{B}$	$P$	$\bar{B}$	$P/\bar{B}$
0,60	1,02	604,1	804,6	0,75	749,4	968,6	0,77
	1,44	592,4	707,2	0,84	722,9	827,2	0,87
	1,86	584,6	655,9	0,89	706,4	755,0	0,94
	2,28	579,1	624,5	0,93	695,0	711,6	0,98
1,02	1,44	771,5	341,3	1,09	426,6	386,8	1,10
	1,86	368,9	323,5	1,14	420,8	361,7	1,16
	2,28	366,9	312,5	1,17	416,8	346,6	1,20
	2,70	365,5	305,2	1,20	-	-	-
1,44	1,86	250,6	173,3	1,45	272,7	188,3	1,45
	2,28	249,9	169,6	1,47	271,3	183,0	1,48
	2,70	249,4	167,0	1,49	270,3	179,6	1,51
	3,12	249,1	165,2	1,51	-	-	-

Les valeurs de  $P/\bar{B}$  sont toujours comprises entre  $Z_1$  et  $Z_2$  et toujours plus proches de  $Z_1$  ; la part prépondérante de la production dans la phase non exploitée explique ce résultat. Pour une mortalité naturelle donnée,  $P/\bar{B}$  est d'autant plus proche de  $M$  que l'exploitation se produit plus tard.

Il s'ensuit que - dans la mesure où les lois choisies décrivent suffisamment bien croissance et mortalité,  $P/\bar{B}$  n'est plus une caractéristique naturelle d'une population dans un environnement donné dans la mesure où il s'agit d'une espèce soumise à la prédation humaine : le  $P/\bar{B}$  reflète alors le taux d'exploitation.

En ce qui concerne les *Alestes baremose*, les valeurs approximatives de  $P/\bar{B}$  s'établissent donc à 0,3-0,5 quand le stock n'est pas exploité, à 0,6-0,8 quand le stock subit une exploitation modérée ( $F = 0,5$  à  $0,8$ ) pour atteindre au maximum 0,9 à 1,0 dans le cas d'une exploitation très intense (ceci pour  $t_c = 30$  mois). Si l'âge à la première capture diminuait,  $P/\bar{B}$  augmenterait et ce, d'autant plus que le régime d'exploitation serait élevé.

Figure 85 Valeurs de  $P/\bar{B}$  dans le cas de stocks exploités :  
 $Z_1$  désigne la mortalité avant  $t_c$  (ici 30 mois) et  
 $Z_2$  pour  $t_c > 30$  mois (x : mâles ; o : femelles.  
 —  $Z_1 = 0,60$  ; ---  $Z_1 = 1,02$  ; ----  $Z_1 = 1,44$ ).



## 2 - ÉQUATIONS DE RENDEMENT

Nous nous intéressons maintenant à la phase exploitée seule, et aux captures (Y) correspondant à la mortalité par pêche (F). Les modèles globaux (Schaefer, Fox, etc ...) - outre qu'ils ne sont pas bien adaptés à ce type de situation (variabilité de q, cf Garcia, 1977) - ne peuvent être utilisés ici faute de données suffisantes sur l'effort de pêche. Nous avons donc utilisé les modèles structuraux ou analytiques (Beverton et Holt, Ricker) qui supposent connus croissance et mortalités.

### 2.1 LES MODELES UTILISES

Dans le modèle classique de Beverton et Holt (1957) on suppose que les paramètres ne changent pas d'une année à l'autre et qu'ils sont identiques pour toutes les classes d'âge. La production d'une classe d'âge durant son passage dans la phase exploitée est alors égale à la production de la population exploitée pendant une année.

Nous ne développerons pas ici in extenso la façon dont on arrive à l'équation de Beverton et Holt. Cet exposé a été repris par de nombreux auteurs (Le Guen, 1971 ; Lasserre, 1976) et nous nous contenterons ici d'une présentation schématique.

Le modèle suppose que la croissance pondérale suit une loi de Bertalanffy du type  $W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$ . Dans le cas le plus simple où  $b = 3$  - que nous retiendrons seul ici - on montre que l'on peut aussi écrire

$$W_t = W_{\infty} \sum_{n=0}^{n=3} U_n e^{-nk(t-t_0)}$$

avec  $U_0 = 1$ ,  $U_1 = 3$ ,  $U_2 = 3$  et  $U_3 = 1$  (1). Par ailleurs, en appelant  $t_c$  l'âge à la première capture et  $t_r$  l'âge au recrutement, on montre que le nombre de poissons vivant au temps  $t$ ,  $N_t$  - en admettant, comme nous l'avons fait au chapitre VIII que la décroissance des effectifs suive une loi exponentielle négative - peut s'exprimer par  $N_t = R e^{-M(t_c - t_r)} - (F+M)(t - t_c)$  où  $R$  représente le nombre de recrues à l'âge  $t_r$ .

Le poids capturé entre  $t$  et  $t+dt$  est donné par  $dY_t = F N_t W_t dt$  et donc le poids total capturé par  $Y_t = \int_{t_c}^{t_L} F N W dt$ . On peut généralement simplifier en considérant que  $t_L$  - âge maximal dans la pêcherie - est grand par rapport à  $t_c$  et exprimer alors le rendement en faisant appel aux équations données ci-dessus pour  $N_t$  et  $W_t$ .

$$\text{Il vient } Y = F R e^{-M(t_c - t_r)} \cdot W_\infty \sum_0^3 \frac{U_n e^{-nk(t_c - t_0)}}{F + M + nK}$$

En pratique on ne connaît généralement pas le recrutement  $R$  qui est variable. C'est pourquoi on choisit d'étudier la dynamique des stocks exploités à partir des rendements par recrue  $Y/R$ .

L'équation de rendement comporte deux paramètres sur lesquels on peut intervenir : le coefficient instantané de mortalité due à la pêche  $F$ , qui dépend de l'effort de pêche  $f$  ; et l'âge à la première capture  $t_c$  qui dépend de la sélectivité des engins de pêche employés. On peut faire varier simultanément ces deux paramètres et construire les courbes d'égal rendement (fig.87 et 88) qui permettent d'évaluer la meilleure combinaison théorique possible de l'effort de pêche et des caractéristiques des engins de capture. En tenant compte de la situation réelle de la pêcherie considérée on peut porter un diagnostic sur les conditions d'exploitation et - suivant les contingences locales - on peut éventuellement proposer un mode d'exploitation plus rentable.

Les limites de l'équation de Beverton et Holt résident dans son manque de souplesse. Il faut en effet que les coefficients instantanés de mortalité soient constants à tout âge ; par ailleurs - que le coefficient d'allo-métrie soit ou non égal à 3 - la croissance pondérale doit suivre une loi de Von Bertalanffy ; enfin, les mortalités suivent des lois exponentielles négatives.

Tous ces inconvénients sont évités avec la méthode de Ricker (1958, 1975) (2). Celle-ci part du principe que l'on peut obtenir une valeur approchée du rendement en divisant la phase exploitée en petits intervalles de temps - qui n'ont pas besoin d'être égaux - pendant lesquels on peut supposer que les paramètres de croissance et de mortalité restent constants.

(1) Si  $b$  est différent de 3, Gulland (1969), a montré que l'équation de rendement pouvait alors être exprimée par une fonction  $\beta$  incomplète.

(2) Des exemples d'application du modèle de Ricker à des stocks tropicaux ont été donnés par Le Guen (1971) pour les *Pseudotolithus elongatus* du Congo ; Marcille (1978) pour les crevettes pénéides de Madagascar et Garcia (1977) pour celles de Côte d'Ivoire.

Deux approches peuvent alors être suivies (Paulik et Bayliff, 1967). L'approche arithmétique suppose que  $F$ ,  $N$  et  $W$  dans le  $i^{\text{ème}}$  intervalle sont égaux à la moyenne des valeurs aux bornes de l'intervalle; cette méthode est analogue à celle suivie dans le calcul de  $P/\bar{B}$  à partir de la formule de Boysen-Jensen. Dans la méthode exponentielle, par contre, on suppose que la biomasse du stock suit une loi exponentielle pendant tout intervalle pendant lequel on peut considérer que les paramètres de croissance et de mortalité sont constants. C'est cette deuxième méthode qui a été utilisée ici (1).

Dans le  $i^{\text{ème}}$  intervalle de temps, allant de  $t_i$  à  $t_{i+1}$  on peut écrire

$$N_t = N_{ti} e^{-(F_i + M_i)(t - t_i)} \quad \text{et} \quad W_t = W_{ti} e^{G_i(t - t_i)}$$

où  $G_i$  est le taux instantané de croissance dans l'intervalle considéré.  $M_i$ ,  $F_i$ ,  $G_i$  étant constants dans l'intervalle, le rendement peut s'écrire

$$Y_{t_i}^{t_{i+1}} = F_i N_{ti} W_{ti} \left[ \frac{e^{(G_i - F_i - M_i)(t_{i+1} - t_i)} - 1}{G_i - F_i - M_i} \right]$$

Le rendement pour toute la durée de la phase exploitée est alors

$$Y = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta Y_i$$

Les résultats sont d'autant plus fiables que  $n$  sera élevé et donc les intervalles de temps petits.

Le gros avantage a priori de la méthode de Ricker est donc la possibilité de calculer les rendements à partir des données observées, qu'elles s'ajustent ou non à un modèle donné de croissance ou de mortalité.

## 2.2 RESULTATS

Nous avons utilisé le programme FRG 708 mis au point par Gales (*in* Le Guen, 1971), à la fois pour les modèles de Beverton et Holt d'une part, de Ricker d'autre part. Dans le premier cas on conserve les valeurs de  $W_t$  correspondant au modèle de Bertalanffy quand  $b = 3$  et l'on suppose que les mortalités sont constantes durant toute la phase exploitée.

---

(1) On trouvera dans Laurec (1977) une description détaillée du formulaire exponentiel de Ricker.

## 2.21 Diagrammes généraux

Etant donnée la différence considérable entre les croissances pondérales des mâles et des femelles, les rendements par recrue ont dû être calculés séparément.

Pour le modèle de Beverton et Holt, les valeurs annuelles des paramètres de croissance sont celles retenues au chapitre VII : pour les mâles,  $k = 0,6973$  et  $t_0 = -0,243$  ; pour les femelles  $k = 0,5177$  et  $t_0 = -0,318$ . Les valeurs de  $W_{\infty}$  correspondent à  $b = 3$ .

Dans le modèle de Ricker la croissance est définie pour chaque sexe à partir des valeurs trouvées quand on tient compte à la fois des coefficients d'allométrie différents de 3 et des variations saisonnières de condition (tableau LXVII page 252).

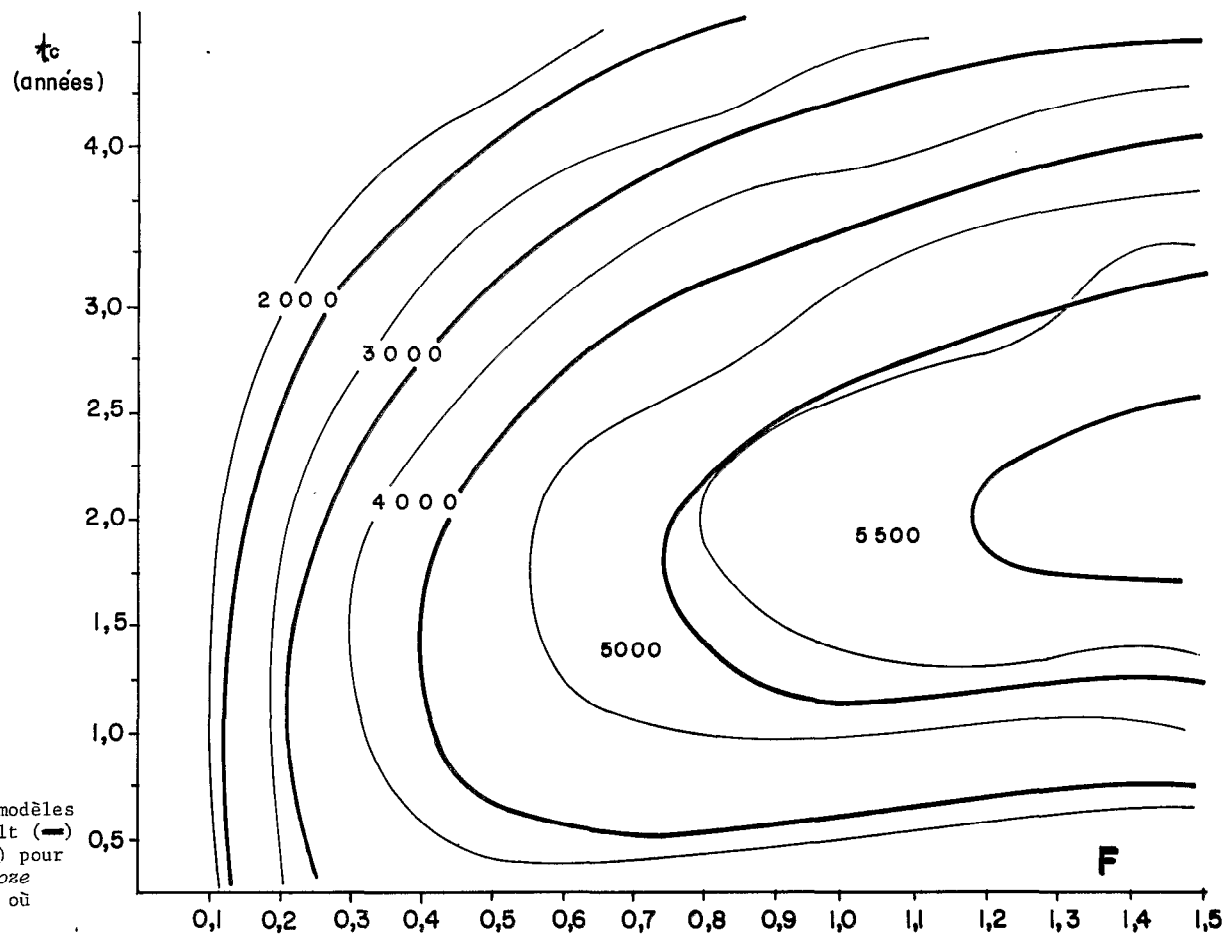
Pour les deux modèles, deux valeurs du coefficient instantané de mortalité naturelle ont été retenues : 0,3 et 0,5 qui doivent être proches de la réalité, tout au moins tant que le milieu ne connaît pas de bouleversement semblable à celui des années 1973-77, durant la sécheresse. On ne rencontre pas de mâles de plus de 5 ans ni de femelles de plus de 6 ans dans les prises.

D'après ce qui précède on peut comparer facilement l'importance des données de croissance pondérale retenues pour chacun des deux modèles : pour des valeurs identiques de  $M$ ,  $F$  et  $t_0$  les différences de rendement correspondront aux différences entre poids. Les rendements  $Y$  sont bien entendu des valeurs relatives à un nombre arbitraire de recrues donné (d'où la notation fréquente  $Y/R$ ) ; ici ils sont exprimés en grammes pour 100 recrues de 4 mois.

Nous avons choisi d'illustrer les analogies et les différences à partir d'un exemple, celui des mâles pour  $M = 0,3$  (fig.86). On voit que les lignes d'isorendement correspondant au modèle de Ricker sont plus irrégulières, mais que l'allure générale est assez proche. Les écarts sont faibles tant que  $F$  reste faible quand la mortalité due à la pêche augmente,  $Y$  est inférieur dans le cas de Beverton et Holt (par exemple  $Y = 5.900$  g pour  $F = 1,2$  et  $t_0 = 2,5$  dans le cas de Ricker contre  $Y = 5.340$  g dans celui de Beverton et Holt). Dans le cas des femelles, les résultats sont identiques à ceci près que pour les valeurs élevées de  $F$  les valeurs de Ricker sont légèrement inférieures, toujours pour  $F = 1,2$  et  $t_0 = 2,5$ , 7.020 g contre 7.480 dans le cas de Beverton et Holt.

On peut donc conclure que tant que les seules variations de croissance pondérale sont mises en jeu, les résultats des deux types de modèles ne diffèrent pas significativement dans le cas des *A. baremoze*. Ce résultat n'est pas trop surprenant dans la mesure où les variations interannuelles de condition se compensent à peu près. Nous verrons plus loin qu'il n'en est plus nécessairement de même quand l'effort de pêche est lui aussi modulé au cours du

Figure 86 Comparaison des modèles de Beverton et Holt (—) et de Ricker (---) pour les *Alestes baremoze* mâles dans le cas où  $M = 0,3$ .



cycle annuel, ainsi qu'il est possible de le faire avec le modèle de Ricker. Quoi qu'il en soit, nous nous contenterons de présenter ici les résultats généraux du modèle de Beverton et Holt, par pure commodité, les lignes d'isorendement étant plus facilement tracées avec précision.

Les figures 87 et 88 présentent, pour les mâles et les femelles respectivement, les valeurs de  $Y$  trouvées en fonction de  $t_c$  et  $F$ , quand  $M = 0,3$  d'une part et  $M = 0,5$  d'autre part. Nous avons reporté sur chaque diagramme le lieu des tangentes verticales aux lignes d'égal rendement : elles correspondent au maximum de captures par recrue pour un  $F$  donné.

Chez les mâles, on voit que pour  $M = 0,3$  le rendement maximal passe de 3.000 à 5.500 grammes quand  $F$  passe de 0,25 à 1,2 ; l'âge moyen à la première capture augmente alors d'une valeur un peu inférieure à un an jusqu'à 2 ans (fig.87A). Pour  $M = 0,5$  le rendement maximal est nettement inférieur (1.900 à 3.565 g quand  $F$  passe de 0,25 à 1,2) et les  $t_c$  correspondants sont nettement plus faibles : 0,75 à 1,5 an (fig.87B).

Chez les femelles, les résultats sont analogues : pour  $M = 0,3$   $Y$  passe de 4.433 à 7.484 et  $t_c$  de 1,25 à 2,5 ans quand on fait varier  $F$  de 0,25 à 1,2 (fig.88A). Pour  $M = 0,5$ , les mêmes variations de  $F$  entraînent une augmentation du rendement maximal de 1.988 à 4.498 alors que  $t_c$  passe de 0,75 à 1,75 (fig.88B).

Pour faciliter la comparaison des rendements maximaux correspondants à un  $F$  donné en fonction du sexe et de la mortalité naturelle, nous avons rassemblé dans la figure 89 les courbes donnant  $Y_{\max}$  en fonction de  $F$  : les valeurs de  $t_c$  diminuent quand  $M$  augmente et - pour  $M$  et  $F$  donnés - sont plus élevées pour les femelles.

## 2.22 L'exploitation des stocks d'*Alestes baremose*

Les courbes d'isorendement par recrue présentées dans les figures 87 et 88 correspondent à des variations simulées du coefficient instantané de mortalité due à la pêche entre 0,1 et 1,5 et de l'âge à la première capture,  $t_c$ , entre 0,25 et 4,75 années. La plupart des valeurs de  $Y$  obtenues ainsi ne peuvent correspondre à une situation vraisemblable. Il s'agit donc maintenant de situer l'exploitation des *A. baremose* telle que nous l'avons connue entre 1966 et 1970, seule période que l'on puisse analyser sérieusement ici. Nous envisagerons ensuite deux aspects de l'exploitation très importants pour une gestion rationnelle : l'impact des captures de juvéniles et la fécondité du stock.



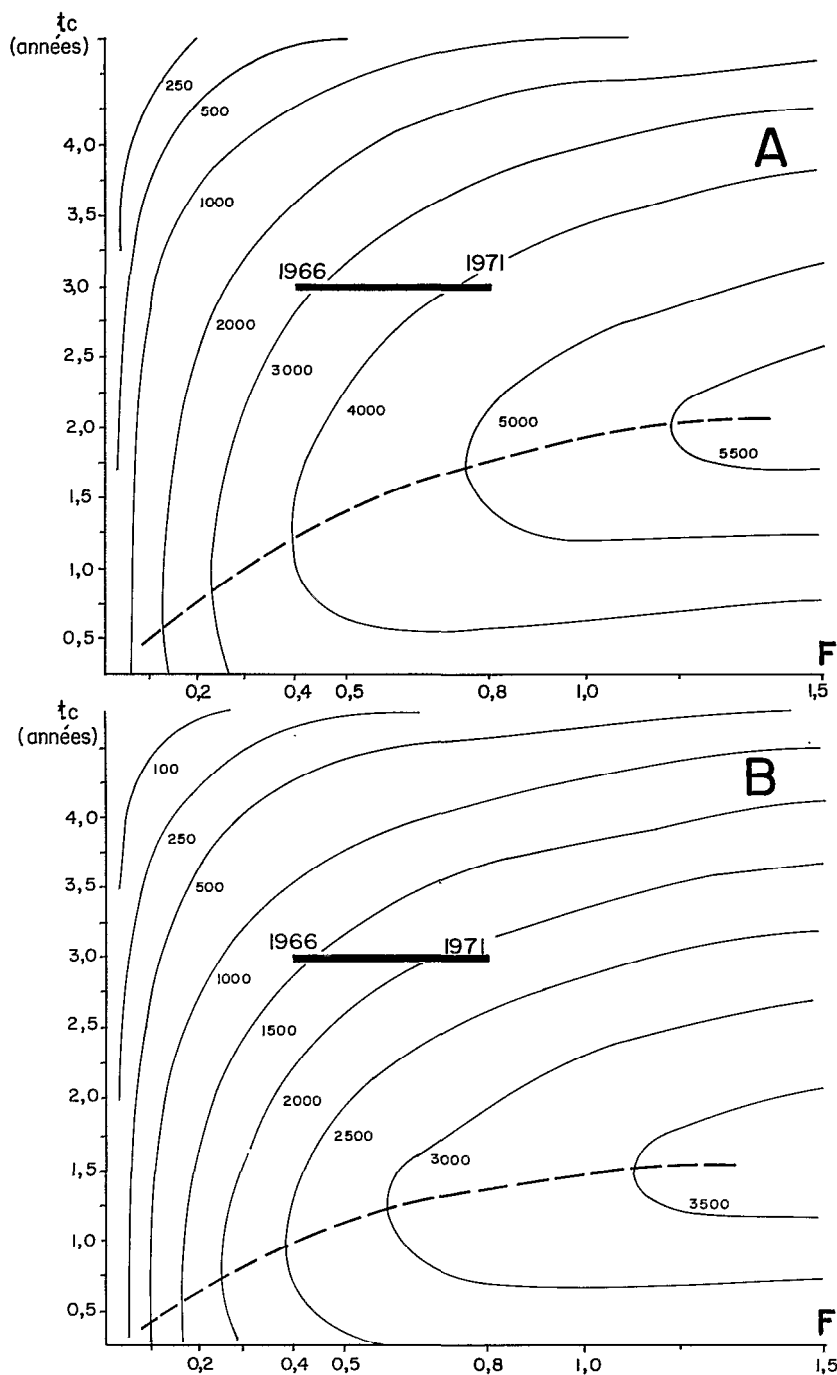


Figure 87 Courbes d'isorendement obtenues avec le modèle de Beverton et Holt pour les mâles (A :  $M=0,3$  ; B :  $M=0,5$ ). La courbe tiretée correspond aux  $Y$  maxima pour  $F$  donné et le segment noir renforcé à la situation observée entre 1966 et 1971.

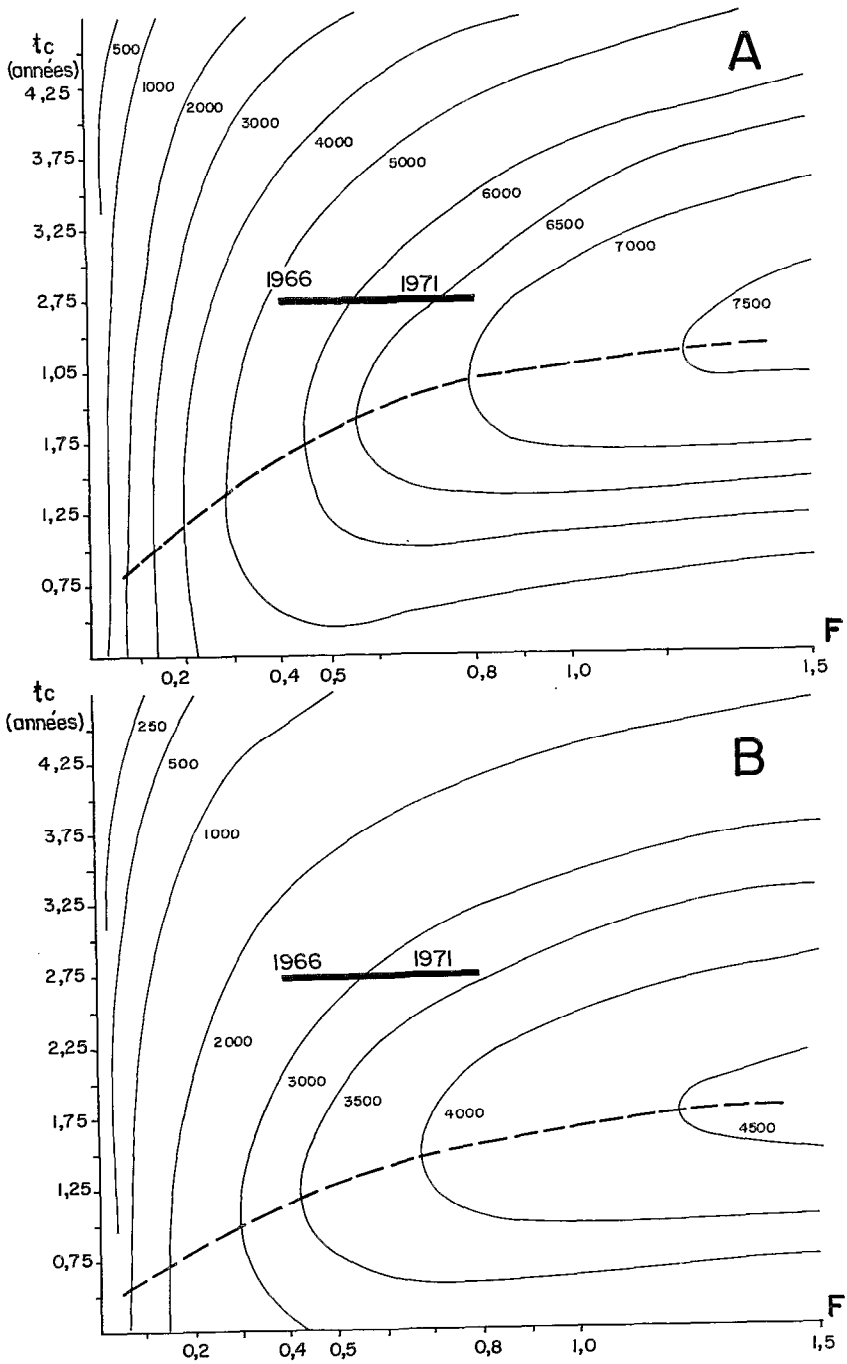


Figure 88 Courbes d'isorendement obtenues avec le modèle de Beverton et Holt pour les femelles (A :  $M=0,3$  : B :  $M=0,5$ ). Les tirets correspondent aux  $Y_{max}$  pour  $F$  donné et le segment noir renforcé à la situation observée entre 1966 et 1971.

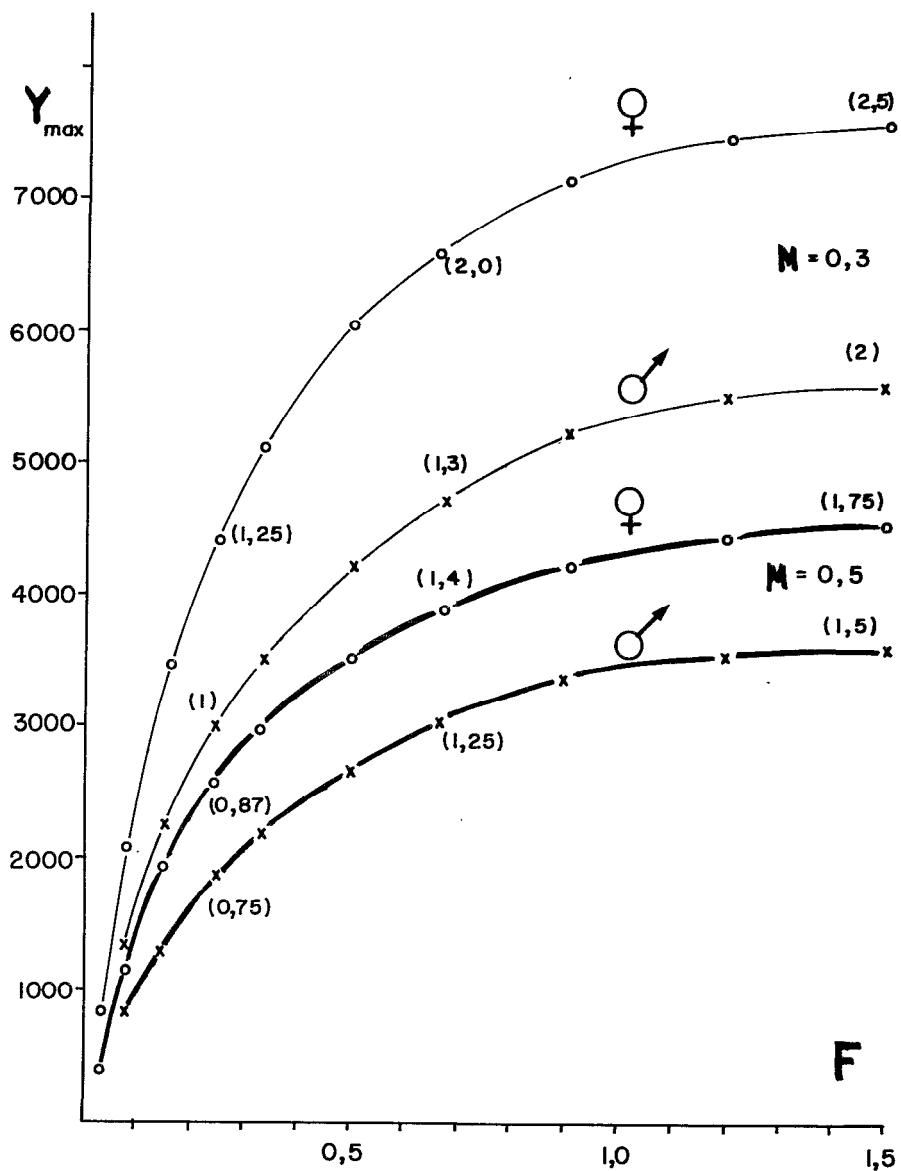


Figure 89 Rendement maximal ( $Y$ ) pour une valeur de  $F$  donnée (♂ : x , ♀ : o ;  $M = 0,3$  : — ,  $M = 0,5$  : —). Les chiffres entre parenthèses correspondent aux valeurs approximatives de  $t_c$  en années.

## 2.221 L'exploitation entre 1966 et 1970.

Entre 1966 et 1971, nous avons vu que la pêche est essentiellement fluviale, elle s'exerce donc uniquement aux dépens d'adultes en migration de reproduction venant du Lac. Ces adultes, dans leur très grande majorité, sont dans leur troisième année et vont donc se reproduire à l'âge de 3 ans (1). Ils commencent à envahir le système fluvial au cours du premier trimestre et l'on peut donc estimer que l'âge moyen au recrutement est de l'ordre de 2,5 années pour les deux sexes, puisque les poissons entrent dans la zone de pêche dès qu'ils ont quitté le Lac. A cet âge moyen au recrutement correspondent pour les mâles et les femelles des tailles moyennes respectives de 215 et 224 mm.

La pêche fluviale était alors entièrement basée sur l'emploi de filets maillants - dérivants ou dormants - à maille de 28,5 mm dont la courbe de capture, du fait d'un montage exécuté avec un fil très fin, est très proche du FM 30 expérimental (fig.22). La longueur moyenne des *A.baremoze* capturés par le FM 28,5 est de l'ordre de 240 mm (chapitre II) et les tailles au recrutement sont donc notablement inférieures. Les tailles correspondant à l'âge moyen à la première capture doivent donc être supérieures à celles atteintes à 30 mois, c'est pourquoi nous avons choisi comme estimation la plus probable de l'âge moyen à la première capture 2,75 années pour les femelles et 3 ans pour les mâles. Il s'ensuit que si l'on veut estimer le rendement global pour les *A.baremoze*, il faut ajouter les rendements (en supposant que mortalité par pêche et recrutement sont identiques dans chaque sexe) correspondants aux  $t_c$  choisis ci-dessus. On obtient le tableau LXXIV. On peut remarquer que la contribution des femelles est toujours beaucoup plus forte ; elle représente plus des deux tiers du rendement total tant que F reste faible et encore 60% pour  $F = 1,5$ .

Tableau LXXIV Estimation du rendement total Y (en grammes pour 200 recrues de 4 mois, 100 mâles et 100 femelles) en fonction de M et  $t_c$ .

F	M = 0,3			M = 0,5		
	$Y_{\sigma}(t_c = 3)$	$Y_{\phi}(t_c = 2,75)$	$Y(\sigma + \phi)$	$Y_{\sigma}(t_c = 3)$	$Y_{\phi}(t_c = 2,75)$	$Y_{\sigma} + \phi$
0,03	294	638	932	142	293	435
0,08	705	1493	2198	341	690	961
0,15	1318	2686	4004	640	1257	1897
0,23	1851	3642	5493	904	1724	2628
0,30	2315	4409	6724	1135	2111	3246
0,45	3071	5523	8594	1520	2701	4221
0,60	3646	6251	9897	1821	3117	4938
0,90	4422	7052	11474	2244	3635	5879
1,20	4882	7419	12301	2514	3926	6440
1,50	5162	7599	12761	2691	4103	6794

- (1) Nous avons vu au chapitre III qu'il n'en était plus ainsi avec la baisse du Lac et que l'âge de maturité sexuelle avait alors tendance à baisser, les *A.baremoze* se reproduisant alors pour la première fois plutôt à 2 ans.

Au cours de la période considérée ici l'effort total de pêche a probablement augmenté progressivement et  $F$  a - schématiquement - doublé en passant de 0,4 à 0,8 environ. L'évolution correspondante des rendements par recrue est indiquée sur les figures 87 et 88.

On constate que le stock était nettement sous-exploité en 1966, au début de nos observations et que l'augmentation de la mortalité due à la pêche a été tout à fait positive en conduisant à une augmentation notable des rendements : pour  $M = 0,3$ ,  $Y$  augmente de 48% chez les mâles, 32% chez les femelles quand  $F$  passe de 0,4 à 0,8 ; pour  $M = 0,5$  l'augmentation est de 52% chez les mâles et 42% chez les femelles. Au delà, une nouvelle augmentation de l'effort de pêche serait beaucoup moins efficace. Un nouveau doublement, de 0,8 à 1,5, ne donne plus qu'un gain de 15 à 20% pour les mâles et 30% environ pour les femelles. Bien qu'appréciable en valeur absolue, cette augmentation des captures supposerait - toutes choses égales d'ailleurs - un doublement de l'effort de pêche et donc une très nette diminution des prises par unité d'effort.

C'est donc plutôt une diminution de l'âge à la première capture qui pourrait conduire à une nouvelle amélioration des rendements. La figure 90 représente ce qu'il est convenu d'appeler les courbes de pêche eumétrique obtenues en portant sur le graphique les valeurs de  $t_c$  correspondant au maximum de rendement pour une valeur de  $F$  donnée. On voit que les âges à la première capture se situent dans la plupart des hypothèses très nettement au-dessus de la courbe eumétrique. Pour les mâles l'âge optimal à la première capture se situerait vers 1,5 (pour  $F$  de l'ordre de 0,9) ; pour les femelles la meilleure valeur de  $t_c$  se situerait vers 2,35 ( $M = 0,3$ ) et 1,75 ( $M = 0,5$ ). Il faut cependant noter que le gain correspondant de rendement à ce niveau d'effort de pêche n'est pas énorme : de 5 à 20% suivant les sexes et les valeurs de  $M$ .

Nous avons jusqu'ici supposé que  $F$  restait constant et donc que l'effort de pêche était distribué régulièrement durant l'année. Il n'en est rien en fait : l'activité est rythmée par le cycle hydrologique des fleuves. Celui-ci étant très accentué en zone sahélo-soudanienne, les deux extrêmes, étiage et hautes eaux voient un très net ralentissement de l'activité. En fait, aux hautes eaux, le poisson est dispersé et la vitesse du courant élevée ; aux basses eaux, certaines techniques (FM dérivants) ne peuvent être employées et le poisson est plutôt réfugié dans le lac.

A notre connaissance très peu d'essais d'évaluation directe de l'effort de pêche ont été tentés dans le cas des pêches artisanales du domaine continental et aucune en Afrique tropicale avant l'étude de Loubens (1973) dans un bief du Delta du Chari. Un cycle d'effort de pêche journalier a été établi - de juillet 1971 à juillet 1972. L'effort total moyen de pêche par jour a varié de 212 à 2.479 (en 100 m<sup>2</sup>/heure de dérive) pour les FM 28,5 qui nous intéressent seuls ici. Le tableau LXXV indique la répartition saisonnière de l'effort de pêche dans le delta du Chari.

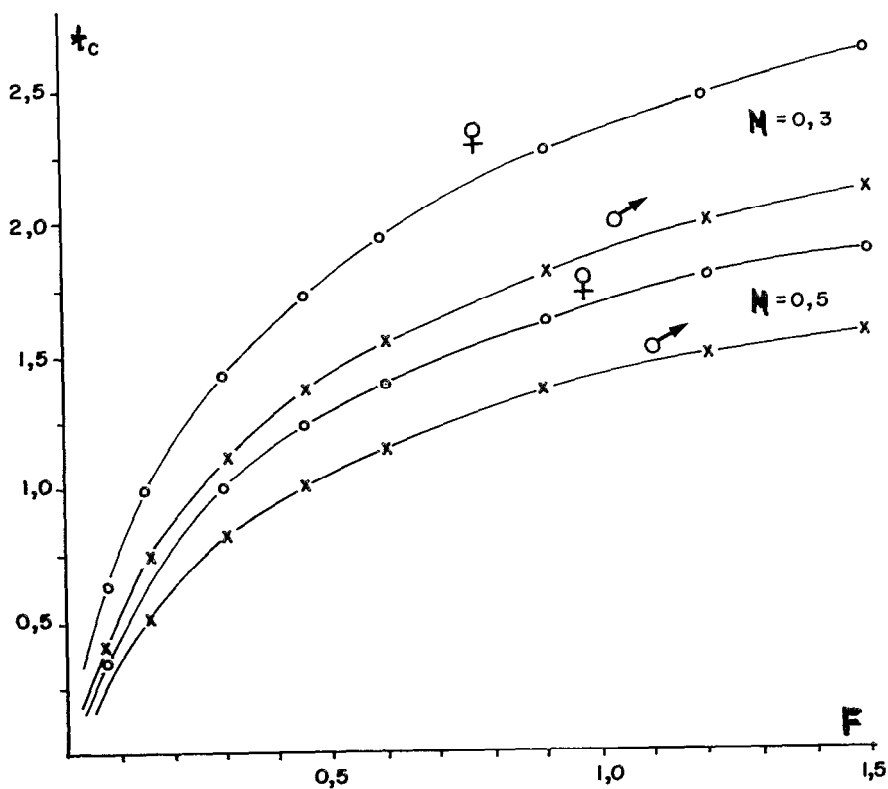


Figure 90 Courbes de pêche eumétrique.

Tableau LXXV Effort de pêche total dans un bief du delta du Chari (août 1971 à juillet 1972, d'après Loubens, 1973) (en % de l'effort total annuel).

1971 1972		At	S	O	N	D
		5,1	3,3	1,6	9,2	11,7
J	F	M	A	M	J	Jt
9,4	20,2	6,3	4,1	7,0	12,9	9,3

Le regroupement par trimestre montre que 41,3% de l'effort total produit de décembre à février (décru) et 27,3% de juin à août (cru), l'étiage (17,4%) et plus encore les hautes eaux (14,1%) étant des périodes de bien moindre activité.

Afin de voir si la modulation annuelle de l'effort de pêche, donc de  $F$  introduisait une différence appréciable, nous avons recalculé les rendements par recrue à l'aide du modèle de Ricker, chez les mâles dans le cas de  $M = 0,3$ , en supposant que les valeurs trimestrielles de  $F$  correspondraient aux variations de  $f$  trouvées par Loubens (1). Les comparaisons faites pour  $F$  constant et  $F$  modulé trimestriellement montrent qu'il n'y a pas de différence très sensible : les rendements par recrue sont identiques ou légèrement supérieurs, de 5% au maximum, pour  $F$  variable. Cette légère augmentation est due au fait que la pêche la plus active du premier trimestre s'exerce sur des poissons ayant une condition élevée.

Afin de voir si la capture systématique des individus à condition élevée avait une influence très notable sur les captures globales nous avons utilisé le modèle de Ricker en simulant un effort de pêche concentré durant le trimestre où les *Alestes* ont leur meilleur embonpoint, la pêche étant supposée fermée durant les 9 autres mois. Si l'on ne tient compte que des aspects quantitatifs, le gain est notable par rapport au modèle à  $F$  uniforme : de 8 à 15% pour les couples  $F/t_c$  retenus en 1966-70.

## 2.222 Impact des captures de juvéniles.

Nous avons évoqué au chapitre II (pp. 52-53) l'existence de pêches traditionnelles pratiquées sur les exutoires de zones inondées à la décrue aux dépens d'individus âgés de 2 à 5 mois environ. Ces pêches sont particulièrement spectaculaires dans l'El Beid où des barrages de pêche permanents sont utilisés de novembre à février chaque année. Il est facile ici d'estimer l'influence des captures de jeunes *A.baremoze*. Ceux-ci pèsent environ 7,5 à 10 grammes à un âge moyen de 4 mois. La figure 91 donne les éléments de comparaison entre le poids de ces 100 juvéniles ( $W_j$ ) et le rendement dans la pêcherie fluviale ( $Y_F$ ) pour ces mêmes 100 recrues. Pour  $F$  variant de 0,4 à 1,0, le tableau LXXVI donne les valeurs du rapport  $\frac{Y_F}{W_j}$  pour chaque sexe, et chacune des deux valeurs de  $M$ .

---

(1) Il eut bien entendu été préférable de tenir compte des variations inter-annuelles de  $F$  (fonction elles-mêmes dans une certaine mesure de la variabilité des crues) et d'estimations conduites ailleurs que dans le Delta. Quoi qu'il en soit, le cycle est suffisamment marqué pour qu'il puisse jouer un rôle dans les rendements.

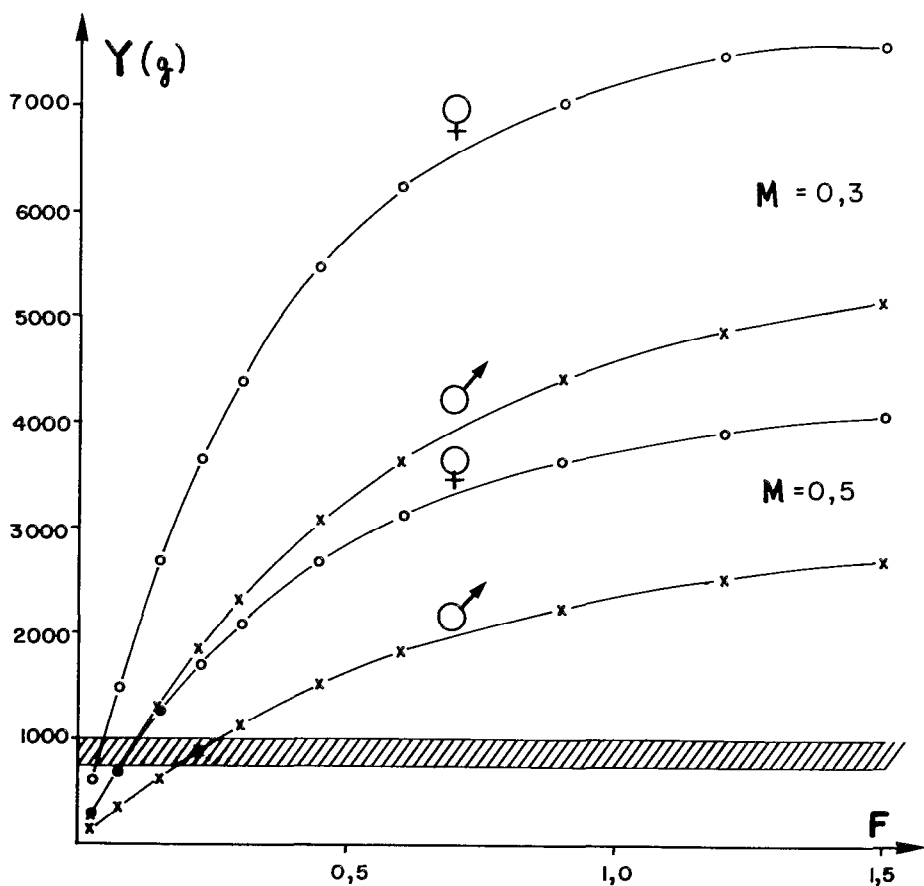


Figure 91 Comparaison des rendements (pour 100 recrues de 4 mois) dans la pêche fluviale ( $\sigma$ :  $t_c = 3$  ans ;  $\phi$ :  $t_c = 2,75$  ans) et du poids de ces 100 jeunes *Alestes* capturés à la décruée (///).

Tableau LXXVI Valeur du rapport du rendement pour 100 recrues de 4 mois ( $Y_f$ ) au poids de ces mêmes 100 recrues ( $W_j$ ).

		Mâles		Femelles	
M		0,3	0,5	0,3	0,5
F {	0,4	3,3	1,6	5,9	2,8
	0,7	4,5	2,2	7,5	3,8
	1,0	5,2	2,7	8,2	4,3



On voit que, dans la plupart des cas, le gain de poids serait appréciable. Nous avons essayé d'estimer les conséquences sur les captures totales. Lors de la campagne 68-69, les captures totales des pêcheries de l'El Beid ont été évaluées à 1.200 tonnes (Durand, 1970b). Cet ordre de grandeur correspondant à une année de captures assez médiocres et une fourchette vraisemblable de l'ensemble des captures de juvéniles de la région pourrait être 1.000 à 3.000 tonnes. Nous estimons que les jeunes *A. baremoze* peuvent fournir bon an mal an 5 à 10% de ce total. Il s'ensuit que le tonnage d'*A. baremoze* juvéniles capturés chaque année à la décrue se situerait entre 50 à 300 tonnes. En tenant compte du fait que le sex-ratio est de 0,5, il est facile de calculer les tonnages approximatifs (♂ et ♀ réunis) que l'on aurait pu récolter dans les divers cas de figure si l'on avait laissé les jeunes *Alestes* connaître une évolution naturelle avant d'être pêchés dans les fleuves 2 à 5 ans plus tard (tabl. LXXVII).

Tableau LXXVII Captures potentielles (en tonnes, ♂ et ♀ réunis) dans les pêcheries fluviales à la place des captures de juvéniles réalisées lors des pêches de décrue ( $Y_j$ ).

$Y_j$ (tonnes)		50		300	
M		0,3	0,5	0,3	0,5
F {	0,4	230	110	1380	660
	0,7	300	150	1800	900
	1,0	335	175	2010	1050

Dans une situation moyenne le gain serait de 200 ( $M = 0,5$ ) à 700 tonnes ( $M = 0,3$ ). Il y aurait donc avantage - en ne considérant que l'aspect quantitatif - à supprimer les pêches de décrue. C'est évident si l'on ne considère plus les seuls *Alestes* mais l'ensemble des juvéniles capturés : on ne peut extrapoler à partir des paramètres dynamiques des *Alestes*, mais si ceux-ci représentaient ceux d'un stock moyen parmi les stocks du lac Tchad, l'augmentation de rendement global pourrait se situer entre 5 et 15.000 tonnes (1).

(1) En supposant que les divers milieux aquatiques peuvent accueillir les dizaines de millions de jeunes supplémentaires sans compétitions accrues et mortalités naturelles augmentées.

2.223 Fécondité du stock.

On peut aborder l'étude de la fécondité du stock grâce à la notion de fécondité théorique par recrue introduite par Le Guen (1971). A partir de la relation entre le poids et la fécondité ( $\varphi$ ) établie au chapitre III ( $\varphi = 0,345 W - 25$  où  $\varphi$  est donnée en milliers d'oeufs et W en grammes) et en tenant compte de la proportion de femelles mûres à un âge donné on obtient la courbe de fécondité des femelles en fonction de l'âge. Nous avons vu précédemment que, si la maturité sexuelle (chapitre III) était plus précoce en 1971-72 qu'en 1966-70, le pourcentage de femelles mûres en revanche, n'était jamais aussi élevé que durant la première période. Ces différences nous ont conduit à distinguer les deux époques, d'où les deux courbes de la figure 92. Nous avons admis ici que le nombre moyen de pontes pour l'ensemble des femelles du stock était égal à un, ce qui surestime la fécondité absolue, puisqu'une partie des individus lacustres - tout au moins dans le contexte d'un grand lac Tchad - ne se reproduisait pas chaque année.

La fécondité théorique est la somme des fécondités individuelles à un moment donné et l'on a  $\varphi = \sum N_t \varphi_t$ . Elle dépend donc de la structure du stock et de la pêche. Exprimée en fonction de la fécondité théorique du stock vierge, elle permet d'estimer, pour une combinaison de F et  $t_c$  donnée, le niveau relatif du potentiel de reproduction du stock (Garcia, 1977).

Nous avons donc calculé ici la fécondité du stock pour diverses combinaisons de  $t_c$ , F et M (tableau LXXVIII). Les résultats sont donnés pour un effectif initial de 10 femelles d'un an durant la période 1966-1970.

Tableau LXXVIII Fécondité du stock d'*Alestes baremose* en fonction de F et  $t_c$  (années), pour M = 0,3 et 0,5, à partir des fécondités des femelles de 1966 à 1970 (en milliers d'oeufs pour 10 femelles d'1 an).

$\varphi$ \ $t_c$		1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	4,25	5,25
M = 0,3	0,04	2458	2545	2596	2646	2689	2759	2798
	0,2	1508	1751	1932	2120	2298	2587	2760
	0,4	848	1144	1390	1665	1940	2412	2718
	0,8	305	555	824	1152	1497	2161	2646
	1,6	60	197	403	638	1105	1886	2540
	2,0	31	135	300	400	700	1600	2300
	F							
M = 0,5	0,04	1338	1386	1407	1433	1455	1487	1504
	0,2	848	985	1085	1187	1279	1415	1489
	0,4	498	672	803	970	1116	1344	1473
	0,8	194	353	514	710	908	1246	1446
	1,6	70	139	280	488	714	1120	1405
	2,0	19	99	229	434	665	1085	1391
	F							

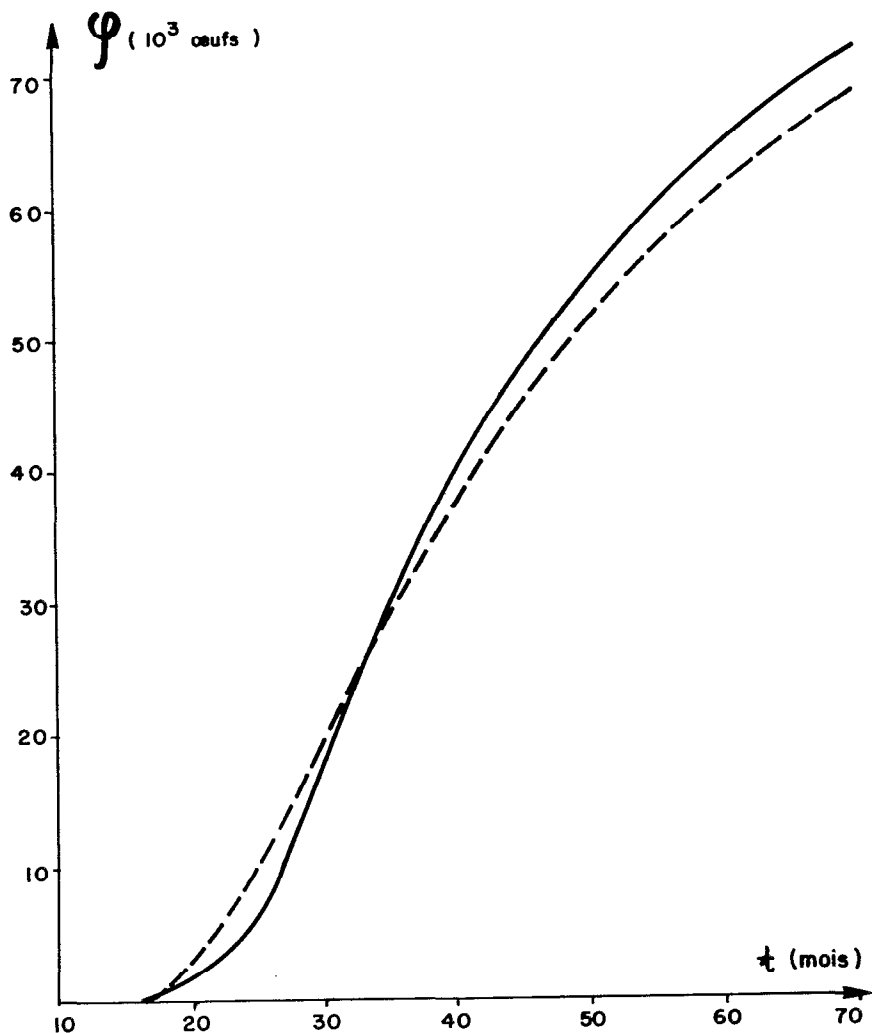


Figure 92 Fécondité des femelles ( $\varphi$  en milliers d'oeufs)  
en fonction de l'âge (— : 1966-70 ; - - - : 1971-72).

On peut considérer que les deux valeurs encadrées dans le tableau, 2798 quand  $M = 0,3$  et 1504 pour  $M = 0,5$ , représentent pratiquement la fécondité du stock vierge puisqu'elles se rapportent à des valeurs théoriques de l'âge à la première capture - 5,25 années - proches de l'âge maximal atteint et des valeurs extrêmement faibles de la mortalité due à la pêche :  $F$  annuel = 0,04. Plutôt que de bâtir les courbes d'isofécondité générales, analogues à celles obtenues pour le rendement par recrue, nous avons représenté ici (fig.93) les fécondités relatives pour  $t_c = 2,75$  et  $t_c = 1,75$ . Quand l'âge à la première capture est de 2,75 années, soit la valeur observée jusqu'ici dans les pêcheries fluviales, on voit que la fécondité relative du stock est encore de 35%

pour  $M = 0,3$  (et 42% pour  $M = 0,5$ ) quand  $F = 1,0$ . On peut donc en conclure que l'exploitation traditionnelle en ne capturant les femelles qu'à partir de 30 à 36 mois préserve de manière tout à fait satisfaisante le potentiel de reproduction du stock, même quand l'exploitation est relativement intense ( $F = 1,0$ ). Si l'on suppose un nouveau type d'exploitation où une partie des femelles serait capturée avant la maturité sexuelle ( $t_c : 1,75$ ), on voit que la fécondité relative du stock reste appréciable : 20% pour  $Z = 1,5$  ( $M = 0,5$  ;  $F = 1,0$ ) (fig.93).

Enfin, l'introduction des données de fécondité individuelle correspondant à la période 1971-72, ne change pratiquement pas les résultats car les proportions plus élevées de femelles matures entre 20 et 30 mois sont contrebalancées par le fait que les femelles les plus âgées n'arrivent pas toutes à maturité (fig.92).

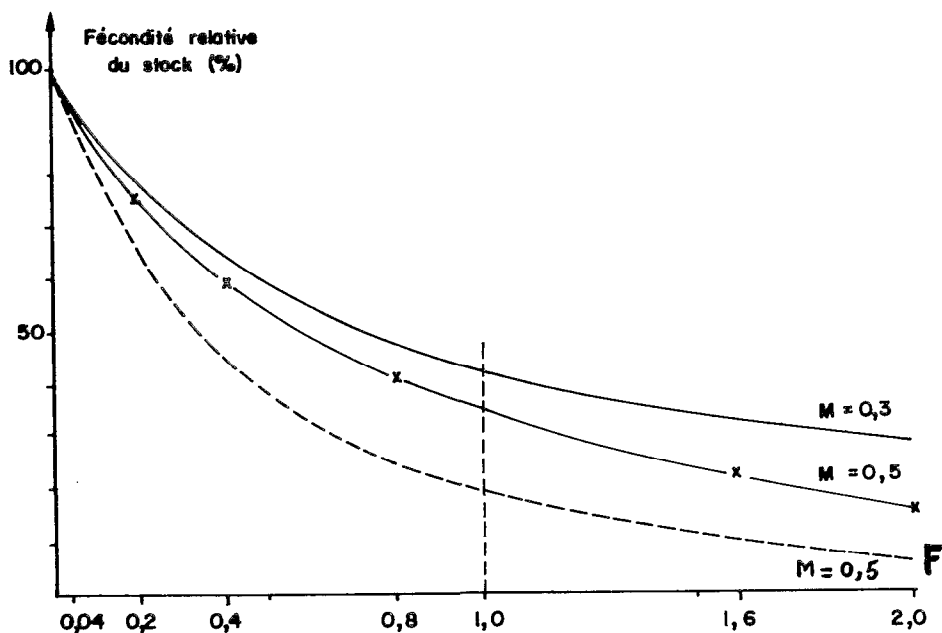


Figure 93 Fécondités relatives du stock (%), pour  $t_c = 2,75$  (—) et 1,75 années (---).

### 2.3 DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Dans ce qui précède, nous nous sommes limités à la période 1966-70 caractérisée par un lac Tchad bien développé et une pêche des *Alestes baremoze* uniquement fluviale. A partir de 1971-72, on entre dans une période intermédiaire qui voit la concentration de l'effort de pêche dans la région deltaïque et l'évolution rapide des prises par unité d'effort qui chutent en 1972. Durant quelques mois des FM à mailles plus petites, de l'ordre de 25 mm, font leur apparition, indiquant donc apparemment une baisse de l'âge à la première capture. Il s'agit en fait d'un stade très transitoire car il y a presque aussitôt transfert de l'effort de pêche vers le lac - cuvette sud en 1973, cuvette nord en 1974 - et épuisement rapide du stock, qui eut de toute façon été condamné par l'assèchement.

Il est très probable que ces deux dernières années d'exploitation lacustre ont vu une augmentation conjointe des mortalités naturelle et due à la pêche du fait de la détérioration des conditions de milieu et de l'augmentation de la vulnérabilité des survivants.

On ne peut donc guère étudier cette période dans l'optique de la gestion rationnelle ce qui au reste importe peu car ces années exceptionnelles ne vont guère de pair avec des prévisions d'exploitation équilibrée !

Il est cependant très instructif d'étudier la phase 1972-77 car elle permet de mettre en lumière tout à la fois les facteurs hydrologiques qui conditionnent un bon état des stocks de poissons en général et d'*Alestes baremoze* en particulier dans la région du lac Tchad et la résilience de stocks soumis à de sévères aléas climatiques.

Deux paramètres hydrologiques se conjugent en effet :

- la crue du Logone dont dépend l'inondation du Nord-Cameroun et la crue de l'El Beïd (cf. chap.II) : il semble exister une corrélation positive entre les captures d'*Alestes baremoze* juvéniles au barrage de Daga (fig.29) et la crue du Logone en amont de la zone de déversements (Benech, comm. pers.) (1);
- le volume total du lac (lui-même fonction du bilan des apports interannuels par le Chari). Celui-ci conditionne le niveau global des stocks par l'intermédiaire de tous les facteurs lacustres susceptibles de jouer un rôle (abri pour les jeunes, espace disponible, nourriture etc ...).

---

(1) Il n'est cependant pas exclu que lors de la reproduction, le Chari puisse jouer un rôle par l'intermédiaire de son lit majeur qui peut présenter une extension notable aux hautes eaux.

Il est intéressant de souligner que ces deux aspects, malgré les apparences, sont pratiquement indépendants car, en dehors de périodes tout à fait exceptionnelles, les apports du Logone au Lac ne changent guère d'une année à l'autre et jouent un rôle relativement mineur dans l'évolution du niveau lacustre.

La réduction des stocks d'*Alestes* entre 1972 et 1977 s'est traduite par une quasi-disparition des adultes dans les statistiques de pêche mais aussi par une absence de recrutement en 1972, 1973 et, probablement, 1974. Nous avons vu qu'en 1972 et 1973 les crues très faibles du Logone n'ont pratiquement pas entraîné de déversements dans les plaines habituellement inondées et que l'El Beïd n'a pas coulé. Les alevins nés en septembre 1972 et 1973 - qui étaient d'ailleurs déjà moins nombreux qu'en année normale - n'ont donc pas pu rejoindre le système hydrographique permanent. En 1974 le Lac était à son minimum et - malgré une crue presque normale des fleuves - il ne semble pas que le recrutement ait été important. En revanche nous avons pu constater qu'en novembre 1977 les *Alestes baremose* recommençaient à être capturés dans les pêcheries du delta : les FM employés, à maille de 15 à 20 mm, prenaient des *Alestes* de 180 à 200 mm, donc des poissons de 2 ans, nés en septembre 1975, alors que la présence d'*Alestes* plus âgés paraissait beaucoup plus sporadique.

On peut donc en conclure que le recrutement des *Alestes* a été pratiquement inexistant durant trois années, de 1972 à 1974 et que ce n'est qu'en 1975 que les pontes ont permis un redémarrage du stock, dont on peut espérer qu'il ne sera pas trop compromis par l'emploi de mailles aussi petites que celles que nous avons observées en novembre 1977.

La reconstitution des stocks d'*Alestes* dans ces conditions ne peut s'expliquer que grâce à leur fécondité élevée. Il a suffi qu'un petit groupe de géniteurs rescapés puisse se reproduire en 1975. On peut en conclure que la fécondité ne devrait être un facteur limitant dans aucun des scénarios d'exploitation envisageables.

En dehors des bouleversements liés à une régression ou une extension du lac Tchad, deux situations stables paraissent plausibles :

- existence d'un grand lac Tchad de 18.000 à 24.000 km<sup>2</sup>, correspondant à des pluviométries et des crues redevenues normales ;
- lac Tchad réduit à sa seule cuvette sud comme milieu permanent, l'excédent des crues annuelles - plus faibles en moyenne que dans le premier cas - ne parvenant pas à remettre en eau la cuvette nord.

La première situation correspond à celle que nous avons connue de 1966 à 1971 ; la seconde est celle qui prévaut depuis 1973. Dans ce dernier cas, la cuvette sud n'est pas l'homologue des milieux lacustres typiques du grand Lac car elle est dans son ensemble très influencée par la crue du Chari (Carmouze et al., 1972). Ce caractère plutôt fluviolacustre a deux conséquences essentielles :

- La maturité sexuelle est plus précoce et la première reproduction devrait avoir lieu en moyenne à deux ans (pp.86-87). La pêche dans le réseau fluvial s'exercerait alors à partir d'un âge à la première capture de l'ordre de 1,75 années dont nous avons vu qu'il correspondait à la meilleure exploitation.

- En revanche, le rendement équilibré par unité de surface lacustre d'une telle pêcherie risquerait d'être inférieur à celui du grand lac car l'instabilité annuelle du milieu le rendrait moins productif.

C'est surtout le cas de l'exploitation de stocks correspondant à un lac Tchad bien développé qui nous intéresse. Bien entendu, nous nous référons ici aussi à une situation moyenne, particulièrement en ce qui concerne le recrutement.

Quels que soient les scénarios envisagés, trois conclusions de l'analyse préalable restent valables :

- a) - la suppression des barrages de pêche de l'El Baïd devrait entraîner un gain moyen annuel de quelques centaines de tonnes d'adultes ;
- b) - la concentration de l'effort de pêche pendant les mois où la condition est la plus élevée conduirait à un gain appréciable, de l'ordre de 8 à 10% ;
- c) - enfin, la fécondité du stock n'est pas à priori un facteur limitant.

Ceci étant, il reste à voir dans quelle mesure on peut modifier  $t_c$  et  $F$  pour obtenir une exploitation optimale.

On peut envisager deux cas :

1 - Le comportement des pêcheurs ne se modifie pas radicalement et ils répugnent à tendre des filets à *Alestes* dans les eaux d'un lac redevenu important. On se retrouve alors dans la situation des années 1966-1970 : c'est le comportement des adultes migrateurs qui régit la pêche et celle-ci ne se développe que dans les fleuves et le Delta. L'âge à la première capture est alors un peu inférieur à trois ans et ne peut être abaissé. L'emploi de filets à maille de 25 mm améliorerait quelque peu les rendements, en particulier pour les mâles. Par ailleurs l'effort de pêche devrait être mis en oeuvre de façon à atteindre des coefficients instantanés de mortalité due à la pêche de l'ordre de 0,8 à 1,0. Dans ces conditions on devrait pouvoir obtenir un rendement moyen un peu supérieur à celui obtenu durant les 4 années pour lesquelles nous avons des observations : 7.500 tonnes en moyenne de 1969 à 1972. Une augmentation de 20% conduisant à des captures annuelles de l'ordre de 9.000 tonnes paraît - en tenant compte de nos remarques préliminaires - pouvoir être obtenue raisonnablement.

2 - La pêche lacustre se maintient malgré la montée des eaux du lac. On aurait alors combinaison de deux pêcheries. La pêcherie fluviale continuerait à être exploitée saisonnièrement lors du passage des grands adultes. Dans le lac une pêche modérée pourrait s'exercer, avec des FM à maille de 22 à 25 mm,

sur les prématures de 18 à 30 mois. Nous avons vu que l'âge à la première capture devait être abaissé pour une exploitation optimale. Il n'est pas évident que la pêche d'adultes dans le Lac soit très rentable car ceux-ci sont moins nombreux et plus dispersés que les prématures qui ont tendance à se rassembler dans certaines régions d'archipel, particulièrement dans le nord-est du Lac. La combinaison d'efforts de pêche volontairement limités dans le Lac et le fleuve conduirait à une augmentation de rendement due à l'abaissement de l'âge à la première capture. Le gain, variable suivant le sexe et le niveau de F, pourrait être en moyenne de 15 à 20% par rapport au scénario précédent, et donc les captures totales équilibrées atteindre 10 à 11.000 tonnes.



### CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le choix d'*Alestes baremoze* pour l'étude présentée ici était motivé à la fois par l'importance des captures de cette espèce dans le bassin Tchadien et par la simplification a priori qu'apportait l'étude d'une pêcherie qui est pratiquement monospécifique. La quasi-disparition du stock depuis 1974 ne change pas l'intérêt des conclusions de divers ordres qui peuvent être dégagées à la fois parce qu'il est probable que les stocks se reconstituent assez vite et parce qu'il nous semble possible d'extrapoler ou de généraliser bon nombre de résultats que nous avons obtenus ici. Cette démarche s'applique bien entendu aux populations de l'espèce présentes dans tous les bassins de la zone soudanosahélienne ; mais aussi à de nombreuses autres espèces migratrices du bassin et, plus généralement encore, ces conclusions pourront être utiles pour l'ensemble des milieux aquatiques du Sahel et des pêcheries qu'ils supportent, les mêmes facteurs climatiques jouant un rôle prépondérant dans l'écologie et la biologie de tous les organismes aquatiques.

## 1 - LES METHODES

### A. Echantillonnage

Les méthodes de récolte se sont avérées suffisamment adaptées et variées pour obtenir les échantillons biologiques nécessaires dans la plupart des milieux et à toutes les époques importantes du cycle annuel depuis les jeunes de quelques semaines (pêchés au poison) jusqu'aux grands adultes (FM locaux et expérimentaux, grande senne de rivage) en passant par les filets triangulaires de l'El Beïd et les FM expérimentaux à petites mailles pour les jeunes de 4 à 30 mois. Les cycles biologiques sont bien marqués, mais il faut tenir compte d'une variabilité interannuelle "normale" importante, et de périodes exceptionnelles telles celle que vient de connaître le Sahel. A partir d'observations portant sur plusieurs années successives, en tenant compte des biais multiples qui peuvent être introduits à tous les niveaux (sélectivité des différents modes de capture ; variabilité des paramètres avec la taille ou l'âge, le sexe etc ... ; représentativité des échantillons que seule une bonne connaissance pratique du contexte permet de mesurer ....) on arrive à une évaluation satisfaisante des principaux paramètres de base et de leurs variations, qu'il s'agisse de la reproduction, la condition, les populations ou la croissance.

L'étude des mortalités est plus difficile et les estimations faites ici se sont avérées périlleuses parce que les données utilisées ne correspondent pas toujours à des échantillons suffisamment grands ni suffisamment nombreux. Par ailleurs, les lectures d'âge restent délicates et ne peuvent être facilement normalisées et mises en routine. Une façon de tourner la difficulté consiste à travailler sur des structures de taille transformées en structures d'âge ainsi que nous avons essayé de le faire ici, mais ceci suppose que la croissance soit particulièrement bien connue et ne permet qu'une appréciation globale de la mortalité totale, sans pouvoir suivre les variations d'abondance de cohortes particulières. Obtenir des échantillons fournis n'est pas non plus évident car il faut tenir compte de la sélectivité des engins locaux ; dans le cas des *Alestes* toutes les captures s'effectuent à l'aide de filets maillants et la sélectivité de ce type d'engin n'est pas encore bien connue.

Les paramètres de dynamique des stocks ne peuvent non plus être déterminés par la voie expérimentale. Idéalement, il faudrait pouvoir suivre les variations spatiotemporelles de l'effort de pêche et des prises par unité d'ef-

fort pendant plusieurs années successives, d'où l'on déduirait l'évolution des captures totales. On a dû procéder à l'inverse ici : les captures totales ont été évaluées directement pour la période 1969-76 - au prix de quelques corrections et extrapolations, cf chapitre VI - avec une précision suffisante. Par contre l'évolution de l'effort total et des p.u.e. n'a pu qu'être esquissée, faute de moyens.

## B. Modèles théoriques

Classiquement, deux aspects des études de dynamique, croissance et production sont facilités par l'utilisation de modèles. Pour la croissance en longueur, le modèle de Von Bertalanffy est souvent critiqué. Bien que l'on puisse contester les hypothèses de base et qu'il existe un certain nombre d'exemples où il n'ait pas donné de bons résultats, il n'a guère trouvé pour l'instant de remplaçant. D'autres modèles répondent mieux à la description de cas particuliers, mais ils sont en général plus complexes. Dans le cas des *Alestes*, l'ajustement est très satisfaisant. Que la croissance des juvéniles ne puisse être prise en compte dans la même équation est tout à fait normal puisqu'il s'agit de deux écophases différentes obéissant à deux lois de croissance différentes. Pour la croissance en poids, deux étapes ont été nécessaires car il a fallu surajouter à la croissance pondérale globale déduite de la croissance linéaire les variations cycliques annuelles de condition. On obtient ainsi des valeurs de poids à chaque âge qui ne se condensent pas aisément dans une formule mathématique mais qui sont beaucoup plus proches de la réalité.

En ce qui concerne les modèles structuraux de production, on peut dire que la méthode de Ricker est généralisable à tous les types de données, que celles-ci soient réellement des données observées ou des données calculées ou une combinaison des deux. En fait, le modèle de Beverton et Holt ne représente qu'un cas particulier où la croissance pondérale se déduit d'une loi de Bertalanffy (que le coefficient d'allométrie soit ou non égal à 3 d'ailleurs) qui n'a plus qu'un intérêt historique, dont l'emploi était justifié avant l'avènement des ordinateurs par la relative simplicité des calculs correspondants.

Dans le cas présent, nos données ne permettant pas toujours une analyse très détaillée, la comparaison des résultats globaux obtenus avec des données calculées et observées ne montre pas d'écarts importants. Néanmoins, l'intérêt de la méthode de Ricker apparaît dès que l'on a l'occasion de préciser l'allure des variations saisonnières : c'est par exemple le cas des variations de la mortalité par pêche en fonction de variations saisonnières de l'effort de pêche en liaison avec les variations saisonnières de poids.

Sur un plan plus général, on pouvait se demander s'il était justifié d'adopter pour l'étude de ce type de pêcheries continentales artisanales une

démarche identique à celle des océanographes pour les stocks marins. La réponse paraît devoir être positive à la lumière des résultats obtenus ici, car malgré des lacunes dans les données de base sur les pêcheries (effort de pêche ...) et l'incertitude sur la valeur de certains paramètres fondamentaux (mortalité naturelle ...) l'évolution générale apparaît clairement et des conclusions assez sûres peuvent en être tirées. Cependant, s'agissant des pêches artisanales, il serait certainement très utile d'améliorer la connaissance des aspects socio-économiques : importance de la pêche suivant les ethnies, circuits commerciaux traditionnels et leur évolution ; compétition avec d'autres sources de protéines (élevage) ; offre et demande etc ...

Au reste, il nous apparaît tout aussi important d'acquérir une bonne connaissance de la biologie et de l'écologie par observation directe que de modéliser allègrement dans un laboratoire. Les deux démarches doivent s'équilibrer en cherchant tout à la fois à faire ressortir les caractéristiques spécifiques d'une situation particulière et à généraliser les solutions éventuelles autant que faire se peut.

## 2 - BIOLOGIE

La biologie et le comportement des *Alestes baremoze* étudiés ici sont fortement influencés par l'existence du lac Tchad, seule collection d'eaux lacustres permanente dans le Sahel ; les lacs Albert et Rodolphe - dont l'appartenance à cette zone climatique est moins évidente - mis à part ... Le cycle migratoire s'organise à partir du lac tant pour les adultes, qui ne le quittent que pour aller pondre en amont dans les fleuves, que pour les immatures et pré-matures qui y séjournent jusqu'à la première reproduction. Celle-ci survient - quand le lac Tchad connaît son extension habituelle - à la fin de la troisième année. En revanche, dès que le caractère lacustre permanent s'affaiblit, la maturité sexuelle devient plus précoce et l'on retrouve les résultats des bassins fluviaux occidentaux du Sahel où les *A. baremoze* se reproduisent en majorité pour la première fois à deux ans.

L'étude de la croissance en longueur confirme qu'il y a une différence appréciable entre sexes puisqu'à âge égal le poids des grandes femelles adultes est de 25 à 35% supérieur à celui des mâles. L'ajustement à un modèle de Bertalanffy est satisfaisant à partir de quatre mois. Chez les poissons plus jeunes la croissance est nettement plus rapide car elle s'effectue de septembre à novembre dans les zones inondées où la présence d'un zooperiphyton abondant est particulièrement favorable.

L'influence d'un milieu lacustre permanent apparaît aussi dans le cas de la croissance. Le facteur régissant l'arrêt de croissance en longueur est certainement la température dont les variations sont du même ordre en milieux fluviaux et lacustres, mais les possibilités d'alimentation permanente dans le lac à partir du zooplancton permettent aux *Alestes* d'acquérir une condition très élevée durant l'arrêt de croissance en longueur de saison fraîche alors même que les fleuves en décrue n'offrent aucune nourriture de remplacement. Il en résulte une croissance globale meilleure qu'en Côte d'Ivoire et au Sénégal. Ce résultat est corroboré par les observations faites dans la région orientale de la zone soudanosahélienne (lacs Albert et Rodolphe) où la croissance, nettement plus rapide qu'au Tchad s'effectue presque en permanence dans le milieu lacustre où le régime zooplanctophage permet le meilleur rendement alimentaire et où les différences de température annuelle sont très faibles et donc les arrêts de croissance inexistants.

Nous n'avons pas constaté de modification de la croissance des *Alestes* avec la baisse du lac. Ce résultat n'est pas surprenant en ce qui concerne la croissance des jeunes qui ne dépend pas du milieu lacustre. Il est probable qu'une étude des populations de la partie méridionale du bassin tchadien montrerait que la croissance est plus faible et proche de celle des *Alestes* du Niger et de Côte d'Ivoire. Ce pourrait d'ailleurs être un des éléments permettant de mettre en évidence la séparation de stocks strictement fluviaux des stocks fluviolacustres étudiés ici.

Le cycle de condition très accusé - l'écart annuel est de l'ordre de 30% pour les adultes - est caractéristique de nombreuses espèces soudanosahe-liennes migratrices pour lesquelles la phase de déplacement fluvial est généralement une phase de disette. Ces variations d'embonpoint retentissent directement sur la croissance pondérale et donc sur la production.

L'abondance des *Alestes* s'explique en partie par l'adequation du cycle biologique au cycle hydrologique : les pontes ont lieu pour l'essentiel en bordure des zones inondées au moment des déversements du Logone. Ceux-ci entraînent les alevins dans la plaine en contre-bas et ils y trouvent tout à la fois une nourriture riche et variée et y sont protégés de la prédation par la densité du couvert végétal aquatique et semi-aquatique. La migration catadrome d'une bonne partie d'entre eux via l'El Beïd leur permet de rejoindre le lac sans être exposés à une prédation intense lors de la descente des fleuves. Nous avons vu que le milieu lacustre convient fort bien aux *Alestes* zooplanctophages qui trouvent par ailleurs des abris dans l'archipel, les herbiers, les petits fonds de l'est et du nord.

### 3 - PRODUCTION ET EXPLOITATION

L'étude des populations a permis de mettre en évidence l'existence de plusieurs groupes d'après les nombres moyens de rayons branchus à la nageoire anale et la distance moyenne au premier annulus. Cette étude n'a pu déboucher sur une analyse plus approfondie à cause du brouillage du schéma observé puis de sa disparition avec l'assèchement du lac et aussi faute de données comparables pour les autres bassins. Cette hétérogénéité n'a pas de conséquence pour l'étude dynamique puisque les cycles migratoires ne sont que légèrement décalés, que les dates de naissance sont presque les mêmes et que la croissance est donc pratiquement identique pour les deux principales populations identifiées. Il a donc paru légitime de ne considérer qu'un seul ensemble du point de vue de la production.

Nous avons d'abord considéré la production pour toute la durée de vie de l'espèce. La production et la biomasse moyenne de la population sont plus élevées chez les femelles, car leur croissance est supérieure à celle des mâles. L'écart est d'autant plus accusé que la mortalité totale est faible.

D'une manière générale, le maximum de production se situe au niveau de la première classe d'âge, ce maximum est décalé vers la seconde pour les valeurs basses de  $Z$ . Les deux premières cohortes d'ailleurs, fournissent toujours l'essentiel de la production et ce n'est, là aussi, que pour des valeurs basses de  $F$  - donc une mortalité totale peu éloignée de la mortalité naturelle - que les *Alestes* dans leur troisième année représentent une part notable de la production totale de la population.

Le calcul du rapport de la production totale de la population à sa biomasse moyenne ( $P/\bar{B}$ ) a été fait en simulant une population moyenne où le recrutement ne varierait pas d'une année à l'autre. On a vérifié ici que les valeurs de  $P/\bar{B}$  étaient voisines du coefficient instantané de mortalité totale  $Z$  dans le cas d'une loi de croissance du type Von Bertalanffy et de décroissance des effectifs exponentielle négative. Ce résultat n'est valable que pour des populations où le taux de mortalité reste constant quel que soit l'âge des poissons considérés. Ce n'est en particulier pas le cas des stocks exploités pour lesquels une deuxième cause de mortalité vient s'ajouter à la mortalité naturelle initiale à partir de l'âge à la première capture. On trouve alors des valeurs de  $P/\bar{B}$  comprises entre  $M$  et  $Z$  et toujours plus proches de  $M$  dans le cas des *Alestes baremose* étant donnée la part prépondérante de la production dans la phase préalable à l'exploitation, puisque celle-ci ne débute qu'à deux ans

et demi en moyenne. Autrement dit,  $P/\bar{B}$  est d'autant plus proche d'une valeur de  $M$  donnée que l'exploitation est plus tardive.

On peut donc en conclure que ~ contrairement à l'usage qui en est souvent fait -  $P/\bar{B}$  n'est plus une caractéristique naturelle d'une population dans un environnement donné quand celle-ci est exploitée puisqu'elle reflète, dans une certaine mesure, l'intensité de la prédation par l'homme. Dans le cas des *A. baremoze* les valeurs de  $P/\bar{B}$  s'établissent entre 0,3-0,5 (valeurs plausibles de la mortalité naturelle dans des stocks vierges) ; 1,0 (cas d'un stock très exploité à partir de  $t_c = 2,5$  années) à 1,5 (stock très exploité aussi, mais plus précocement).

L'étude de la phase exploitée, quant à elle, a été abordée à l'aide des modèles analytiques de rendement par recrue,  $Y/R$ . De 1966 à 1971, la mortalité due à la pêche a augmenté en même temps que l'effort total de pêche. Ceci allait dans le sens d'une meilleure exploitation du stock car les rendements par recrue se sont nettement accrus (fig.87 et 88). Une augmentation supplémentaire de l'effort de pêche aurait alors été beaucoup moins rentable car elle n'aurait entraîné que des gains minimes.

Après 1971, l'abaissement accéléré des eaux du lac Tchad a conduit à un épuisement momentané du stock vers la fin de l'année 1974 : les captures annuelles sont restées pratiquement nulles de 1975 à 1977, alors qu'elles représentaient normalement plusieurs milliers de tonnes.

La fécondité du stock est élevée, ce qui explique en grande partie sa résilience remarquable. Le recrutement a été extrêmement réduit pendant trois années consécutives (1972 à 1974) du fait de conditions de milieu particulièrement défavorables (peu ou pas de zones inondées par les fleuves, assèchement du lac). Le stock de géniteurs a été décimé à la même époque et, malgré tout, il a été constaté un début de reconstitution en 1977.

L'exploitation fluviale et deltaïque, telle qu'elle était pratiquée jusqu'en 1970-71, protège parfaitement les stocks puisqu'elle ne s'exerce qu'aux dépens des adultes dans leur troisième année et au-delà. Le seul risque est de voir la fécondité du stock compromise par un effort de pêche trop élevé. Ce risque est tout théorique car il correspondrait à des valeurs de prises par unité d'effort très inférieures au seuil de rentabilité minimale. En fait cette situation correspond à une relative sous-exploitation des stocks, liée à un âge à la première capture élevé. Des aménagements limités peuvent cependant conduire à une augmentation des captures totales : utilisation de filets à maille de 22 à 25 mm en plus de ceux utilisés traditionnellement (28,5 mm), d'où de meilleures captures des mâles ; concentration de l'effort de pêche pendant la saison où l'embonpoint est le plus élevé ; éventuelle suppression des pêches de juvéniles. Enfin, l'effort total de pêche devrait correspondre à un coefficient instantané de mortalité due à la pêche de l'ordre de 1,0 au-delà duquel le gain de rendement n'est plus appréciable.

Dans le cas d'une exploitation fluviolacustre le maintien d'une exploitation équilibrée est plus délicat car la protection naturelle du stock peut être insuffisante. On peut alors - les aménagements précédents restant applicables - diminuer l'âge à la première capture et améliorer les rendements par recrue en utilisant les mailles plus petites dans les archipels du lac, mais il faut alors limiter l'effort total, ce qui apparaît très problématique dans le contexte actuel.

Si, sur un plan théorique, on peut envisager d'augmenter les captures d'*Alestes baremose* car ceux-ci constituent la cible unique d'une pêcherie particulière - et l'on sait qu'il est beaucoup plus simple de gérer un stock monospécifique -, il est par contre moins évident d'infléchir le comportement de pêcheurs dont l'intérêt à court terme ne s'identifie pas nécessairement avec l'intérêt général, lequel est lui-même tiraillé par des composantes nationales plus ou moins accordées.

#### 4 - PERSPECTIVES

Dans la région soudanosahélienne, *Alestes baremose* est maintenant une des espèces dont la biologie est la mieux connue. Dans le bassin tchadien lui-même, il ne serait pas sans intérêt de compléter les observations anciennes à l'occasion de nouvelles recherches ichtyologiques en ce qui concerne en particulier les populations méridionales, l'éventuel établissement d'un nouveau schéma de populations fluviolacustres, mais le plus important serait de suivre la reconstitution du stock fluviolacustre et son exploitation.

Avant 1960, les poissons du bassin tchadien vivaient dans un milieu naturel où l'intervention humaine ne se faisait sentir que faiblement, par l'intermédiaire de pêches coutumières très spécialisées et régies par des traditions rigoureuses. Il s'ensuivait une sous-exploitation évidente, en termes de gestion rationnelle, et les stocks de poissons avaient comme problème essentiel de subsister après de grandes catastrophes naturelles du type de celle que nous connaissons actuellement. Entre 1960 et 1970, la prédation humaine s'est intensifiée et pèse fortement sur les équilibres des peuplements en entraînant la raréfaction des espèces à trop faible résilience, on en a eu un bon exemple avec la disparition des *Labeo coubie* de la cuvette nord du lac Tchad sous le seul effet d'un effort de pêche accru (Durand, 1973). Les stocks d'*Alestes baremose* ne sont pas dans ce cas, nous l'avons vu, et devraient donc se maintenir, mais ils ne redeviendront une ressource importante que si on leur



laisse le temps de se reconstituer. Quel que soit le contexte climatique et le niveau optimal des captures correspondant, une reprise de l'exploitation devrait être différée jusqu'en 1979.

Le modèle d'exploitation équilibrée des stocks d'*Alestes* du bassin tchadien reste à faire, modèle dont de nombreux aspects pourraient être valables pour d'autres stocks de la région soudanosaïélienne. Faute de données suffisantes nous n'avons fait qu'effleurer le sujet ici : il serait sans doute possible de mettre sur pied un modèle prédictif où l'abondance des classes d'âge lors de l'entrée dans la pêche serait connue deux à trois ans à l'avance à partir de paramètres hydrologiques caractéristiques de l'année de naissance et donc du recrutement.

Dans le contexte actuel, se fixer un tel objectif est probablement encore utopique, il n'en reste pas moins que l'importance de la gestion équilibrée des ressources aquatiques du Sahel deviendra de plus en plus grande.

De grands travaux ont été entrepris ou sont projetés dans tous les pays de la zone soudano-saïélienne ; ils visent, selon les cas à régulariser les écoulements fluviaux, fournir de l'énergie, irriguer ... et ils auront un impact grandissant sur les écosystèmes aquatiques. Dans le cas des *Alestes baremoze*, il semble que la création des réservoirs eux-même puisse avoir un effet très positif car l'existence d'un zooplancton abondant favorise l'installation de populations importantes de l'espèce, ainsi que cela a été constaté par exemple aux lacs de Kossou, de Kainji et au lac Volta. Mais en revanche, la régularisation des crues peut avoir des conséquences néfastes pour le recrutement de nombre d'espèces.

Ces modifications probables du milieu et de la demande toujours croissante en protéines devraient entraîner une surveillance accrue des milieux aquatiques de la région soudanosaïélienne et de ses stocks.

---

# RÉFÉRENCES

- ALLEN (K.R.), 1969 - Application of the Bertalanffy growth equation to problems of fisheries management : a review.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 26 : 2267-2281.
- ALLEN (K.R.), 1971 - Relation between production and biomass.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28 : 1573-1581.
- ANONYME, 1966 - Etude en vue du développement de la pêche sur le lac Tchad.  
*Centre technique forestier tropical*, I et II ; 151 p. multigr.
- AUBREVILLE (A.d'), 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne, AOF, Cameroun, AEF.  
*Soc. Ed. Geogr. Mar. Colon. Paris*, 523 p.
- BAGENAL (T.B.), 1967 - Fish fecundity and its relations with stock and recruitment.  
*Cons. Int. Expl. Mer, Symposium on stock and recruitment*, 18, 22 p. multigr.
- BALON (E.K.), 1972 - Possible fish stock size assessment and available production survey as developed on Lake Kariba.  
*Afr. J. Trop. Hydrob. Fish.*, 1, 2 : 45-73.
- BARANOV (F.I.), 1914 - The capture of fishes by gillnets.  
*Mater. Poznaniyu Russ. Rybolov.*, 3, 6 : 56-99.
- BENECH (V.), 1974 - Croissance en longueur de *Citharinus citharus* (Pisces, Citharinidae) dans l'archipel sud-est du lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, IX, 2 : 91-103.
- BENECH (V.), 1975 - Croissance, mortalité et production de *Brachysynodontis bartenstoda* (Pisces, Mochocidae) dans l'Archipel sud-est du lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, VIII, 1 : 23-33.
- BENECH (V.), DURAND (J.R.), FRANC (J.), LOUBENS (G.), QUENSIERE (J.), 1974 - Résultats des pêches aux filets maillants dans l'Archipel sud-est du lac Tchad de 1971 à 1974.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 59 p. multigr.
- BENECH (V.), FRANC (J.), 1975a - Résultats des pêches aux filets maillants dans la cuvette nord du lac Tchad de 1971 à 1975.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 59 p. multigr.
- BENECH (V.), FRANC (J.), 1975b - Résultats de l'ensemble des pêches à la senne de rivage de 1966 à 1974.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 48 p. multigr.
- BENECH (V.), LEMOALLE (J.), QUENSIERE (J.), 1976 - Mortalités de poissons et conditions de milieu dans le lac Tchad au cours d'une période de sécheresse.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, X, 2 : 119-130.
- BERTALANFFY (L.von), 1938 - A quantitative theory of organic growth.  
*Hum. Biol.*, 10 : 181-213.

- BEVERTON (R.J.H.), HOLT (S.J.), 1956 - A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish population, with special reference to source of bias in catch sampling.  
*Rapp. P.V. Réun. Cons. Perm. Int. Expl. Mer*, 140, 1 : 67-83.
- BEVERTON (R.J.H.), HOLT (S.J.), 1957 - On the dynamics of exploited fish populations.  
*Fish. Invest. London*, 2, 19 : 533 p.
- BEVERTON (R.J.H.), HOLT (S.J.), 1959 - A review of the lifespans of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics.  
in : *Ciba foundation and colloquia on ageing* (Holstenholme G.E.W. and Connor M.O. ed.), London Churchill, 5, 142 : 180 p.
- BILLON (B.), 1965 - La prévision des crues du lac Tchad.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 40 p. multigr.
- BILLON (B.), BOULIN (E.), 1962 - Navigation entre Fort-Lamy et les cuvettes lacustres. Sondages 1962.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 57 p. multigr.
- BILLON (B.) et al., 1969 - Monographie hydrologique du Logone.  
*O.R.S.T.O.M. Paris*, VII, multigr.
- BILLON (B.), GUISCAPRE (J.), HERBAUD (J.), OBERLIN (C.), 1974 - Le bassin du fleuve Chari. Monographie hydrologique.  
*O.R.S.T.O.M. Paris*, 450 p.
- BLACHE (J.), 1964 - Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo Kebbi.  
*Mém. O.R.S.T.O.M. Paris*, 4, 483 p.
- BLACHE (G.), MITON (F.), 1962 - Première contribution à la connaissance de la pêche dans le bassin hydrographique Logone-Chari-lac Tchad.  
*Mém. O.R.S.T.O.M. Paris*, 4 : 65 p.
- BONT (A.F. de), 1967 - Some aspects of age and growth of fish in temperate and tropical waters.  
In : *The biological basis of freshwater fish production*. Jerking S.D. ed., Blackwell, Oxford, 67-88.
- BOUCHARDEAU (A.), LEFEVRE (R.), 1957 - Monographie du lac Tchad.  
*C.I.E.H. Paris*, 114 p. multigr.
- BOULENGER (G.A.), 1907 - The fishes of the Nile.  
In : *Zoology of Egypt*, London : 117-120.
- CADIMA (E.L.), 1977 - L'analyse des cohortes.  
In : *Les modèles d'évaluation des stocks halieutiques*. F.A.O., FIRS/C 701 : 53-66.
- CARMOUZE (J.P.), 1971 - Circulation générale des eaux dans le lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, V, 3-4 : 191-212.
- CARMOUZE (J.P.), 1976 - La régulation hydrochimique du lac Tchad.  
*Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M.*, 58 : 418 p.
- CARMOUZE (J.P.), CHOURET (A.), DURAND (J.R.), 1973 - Données récentes sur l'évolution du lac Tchad en 1972-1973.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 11 p. multigr.

- CARMOUZE (J.P.), DEJOUX (C.), DURAND (J.R.), GRAS (R.), ILTIS (A.), LAUZANNE (L.), LEMOALLE (J.), LEVEQUE (C.), LOUBENS (G.), SAINT-JEAN (L.), 1972 - Grandes zones écologiques du Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, VI, 2 : 103-169.
- CARMOUZE (J.P.), DUPONT (B.), 1970 - Nouvelles approximations sur la bathymétrie et la superficie du lac Tchad.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 5 p. multigr.
- CHAPMAN (D.W.), 1965 - Net production of juvenile coho salmon in three Oregon streams.  
*Trans. Am. Fish. Soc.*, 94 : 40-52.
- CHAPMAN (D.W.) et al., 1971 - Ecology of fishes in the Kafue river.  
F1 : SF/2 AM 11/T.R. 2. *The University of Idaho. Moscow*, 66 p.
- CHEVEY (P.), 1933 - The method of reading scales and the fish of the intertropical zone.  
*Proc. Fifth Pacific Sc. Congress*, B 6.
- CHOURET (A.), LEMOALLE (J.), 1974 - Evolution hydrologique du lac Tchad durant la sécheresse (1972-74).  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 11 p. multigr.
- COUTY (P.), DURAN (P.), 1968 - Le commerce du poisson au Tchad.  
*Mém. O.R.S.T.O.M.*, 23 : 252 p.
- DAGET (J.), 1952 - Mémoires sur la biologie des poissons du Niger. I - Biologie et croissance des espèces du genre *Alestes*.  
*Bull. I.F.A.N.*, 14, 1 : 191-225.
- DAGET (J.), 1954 - Les poissons du Niger supérieur.  
*Mém. I.F.A.N., Dakar*, 36 : 391 p.
- DAGET (J.), 1956 - Mémoires sur la biologie des poissons du Niger moyen. II - Recherches sur *Tilapia zillii*, Gerv.  
*Bull. I.F.A.N.*, 18, 1 : 165-223.
- DAGET (J.), 1957 - Données récentes sur la biologie des poissons dans le delta central du Niger.  
*Hydrobiol.*, 9, 4 : 321-347.
- DAGET (J.), 1962 - Relation entre la taille des écailles et la longueur standard chez les *Tilapia galilaea* (Art.) du moyen Niger.  
*Bull. I.F.A.N.*, 24, 2 : 486-504.
- DAGET (J.), 1967 - Introduction à l'étude hydrobiologique du lac Tchad.  
*C.R. Soc. Biogéogr.*, 380 : 6-10.
- DAGET (J.), 1972 - Lois de croissance linéaire et pondérale. Mortalités. Structures démographiques. Modèles linéaires de Shaefer et modèles exponentiels de Fox.  
*O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire*, 28 : 58 p. multigr.
- DAGET (J.), 1976 - Les modèles mathématiques en écologie.  
*Masson*, 172 p.
- DAGET (J.), BAUCHOT (M.L.), ARNOULT (J.), 1965 - Etude de la croissance chez *Polypterus senegalus* Cuvier.  
*Acta Zool.*, 46 : 297-309.
- DAGET (J.), ECOUTIN (J.M.), 1976 - Modèles mathématiques applicables aux poissons tropicaux subissant un arrêt annuel prolongé de croissance.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, X, 2 : 59-69.

- DANSOKO (D.), BREMAN (H.), DAGET (J.), 1976 - Influence de la sécheresse sur les populations d'*Hydrocynus* dans le delta central du Niger.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, X, 2 : 71-76.
- DEJOUX (J.), 1976 - Synécologie des Chironomides du lac Tchad (Diptères, Nematocères).  
*Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M.*, 56 : 161 p.
- DUNN (I.G.), 1972 - The commercial fishery of Lake George, Uganda (East Africa).  
*Afr. J. Trop. Hydrobiol. and Fisheries*, 2, 2 : 109-120.
- DUPONT (B.), 1970 - Distribution et nature des fonds du lac Tchad. (Nouvelles données).  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, II, 1 : 9-42.
- DURAND (J.R.), 1970a - Les peuplements ichthyologiques de l'El Beid - Première note - Présentation du milieu et résultats généraux.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, IV, 1 : 3-26.
- DURAND (J.R.), 1970b - Les peuplements ichthyologiques de l'El Beid. Observations sur les rendements.  
*O.R.S.T.O.M. Fort-Lamy*, 14 p. multigr.
- DURAND (J.R.), 1971 - Les peuplements ichthyologiques de l'El Beid. 2ème note. Variations inter et intraspécifiques.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, V, 2 : 147-159.
- DURAND (J.R.), 1973a - Application de l'analyse des correspondances à l'étude de certains peuplements ichthyologiques du lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, VII, 1 : 55-62.
- DURAND (J.R.), 1973b - Note sur l'évolution des prises par unité d'effort dans le lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, VII, 3-4 : 195-207.
- DURAND (J.R.), FRANC (J.), LOUBENS (G.), 1972 - Résultats des pêches aux filets maillants et à la senne (1966-70).  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 97 p. multigr.
- DURAND (J.R.), FRANC (J.), LOUBENS (G.), 1973 - Clefs Longueur-Poids pour 58 espèces de poissons du bassin du lac Tchad.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 35 p. multigr.
- DURAND (J.R.), LOUBENS (G.), 1967 - Premières observations sur la biologie d'*Alestes baremoze* dans le bas Chari et la partie est du lac Tchad.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 74 p. multigr.
- DURAND (J.R.), LOUBENS (G.), 1969 - Croissance en longueur d'*Alestes baremoze* (Joannis, 1835) (Poissons, Characidae) dans le bas Chari et le lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, III, 1 : 59-105.
- DURAND (J.R.), LOUBENS (G.), 1970a - Variations du coefficient de condition chez les *Alestes baremoze* (Pisc. Charac.) du bas Chari et du lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, IV, 1 : 27-44.
- DURAND (J.R.), LOUBENS (G.), 1970b - Observations sur la sexualité et la reproduction des *Alestes baremoze* du bas Chari et du lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, IV, 2 : 61-81.
- DURAND (J.R.), LOUBENS (G.), 1971a - Etude de certains caractères méristiques chez les *Alestes baremoze* du bas Chari et du lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, V, 2 : 113-136.

- DURAND (J.R.), LOUBENS (G.), 1971b - Développement embryonnaire et larvaire d'*Alestes baremoze*.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, V, 2 : 137-145.
- FERGUSON (A.J.D.), 1975 - The hydrological balance of Lake Turkana (Rudolf).  
*Symp. on the Hydrobiol. and Fish. of Lake Turkana (Rudolf)*, 12 p. multigr.
- FONTANA (A.), PIANET (R.), 1973 - Biologie des sardinelles *Sardinella eba* (Val.) et *Sardinella aurita* (Val.) des côtes du Congo et du Gabon.  
*O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire*, 31 : 40 p. multigr.
- FONTENEAU (A.), LENARZ (W.), 1973 - Analyse des cohortes. Application à la pêche des Albacores de l'Atlantique Est.  
*S.C.R.S./73/64* : 16 p. multigr.
- FRANC (J.), 1975 - Résultat des pêches aux filets maillants dans le delta du Chari de 1971 à 1972.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 57 p. multigr.
- GARCIA (S.), 1977 - Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*Penaeus duorarum notialis* PEREZ-FARFANTE, 1967) en Côte d'Ivoire.  
*Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M.*, 79 : 275 p.
- GARROD (D.J.), 1959 - The growth of *Tilapia esculenta* Graham in Lake Victoria.  
*Hydrobiologia*, XII, 4 : 268-298.
- GARROD (D.J.), 1961 - The selection characteristics of nylon gill nets for *Tilapia esculenta* Graham.  
*J. Conseil.*, XXVI, 2 : 191-203.
- GARROD (D.J.), 1963 - An estimation of the mortality rates in a population of *Tilapia esculenta* Graham. (Pisces, Cichlidae) in Lake Victoria, East Africa.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20 : 195-227.
- GHEHO (Y.), 1973 - Premières estimations de la mortalité des sardinelles des côtes congolaises.  
*O.R.S.T.O.M. Pointe-Noire*, 32 : 17 p. multigr.
- GOMPERTZ (B.), 1825 - On the nature of the function expressive of the law of human mortality.  
*Phil. Trans. R. Soc.*, 36 : 513-585.
- GRAS (R.), 1962 - Etude biométrique des *Alestes baremoze* du bassin du bas Chari.  
*Bull. I.F.A.N.*, 24, 1 : 245-261.
- GRAS (R.), ILTIS (A.), LEVEQUE-DUWAT (C.S.), 1967 - Le plancton du bas Chari et de la partie est du lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, I, 1-4 : 25-90.
- GULLAND (J.A.), 1969 - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques.  
*Manuels F.A.O. Sci. Halieutique*, 4 : 160 p.
- GULLAND (J.A.), HARDING (D.), 1961 - The selection of *Clarias mossambicus* (Peters) by nylon gill nets.  
*J. Cons. Int. Explor. Mer*, 26 : 215-222.
- HAMLEY (J.M.), 1975 - Review of gill net selectivity.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 32, 11 : 1943-1969.
- HAMLEY (J.M.), REGIER (H.A.), 1973 - Direct estimates of gill net selectivity to walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*).  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30, 6 : 817-830.

- HENDERSON (H.F.), WELCOMME (R.L.), 1974 - Relation entre la production, l'indice morpho-edaphique et le nombre des pêcheurs des pêcheries des eaux continentales d'Afrique.  
*F.A.O.-C.I.F.A.*, 1 : 19 p.
- HOEPPE (K.), 1959 - Das reaktionskinetische Grundgesetz auf das Wachstum bezogen und anderen Wachstumsformulierungen gegenübergestellt.  
*Diss. Univ. Giessen.*, 201 p.
- HOLCIK (J.), 1970a - The Klicava reservoir (an ichthyological study).  
*Biologické Práce.*, 15, 3 : 1-95.
- HOLT (S.J.), 1963 - A method of determining gear selectivity and its application.  
*Spec. Publ. Int. Comm. N.W. Atlant. Fish.*, 5 : 106-115.
- HOPSON (A.J.), 1965 - Winter scale rings *Lates niloticus* (Pisces : Centropomidae) from Lake Chad.  
*Nature*, 208, 5014 : 1013-1014.
- HOPSON (A.J.), 1968 - The gill net fisheries of Lake Chad.  
*Federal Fisheries Service, Maiduguri*, 64 p.
- HOPSON (A.J.), 1972 - A study of the Nile perch (*Lates niloticus*, Pisces : Centropomidae) in Lake Chad.  
*Overseas Research Publication*, 19 : 93 p.
- HOPSON (A.J.), 1975 - Preliminary results of a survey of *Alestes baremoze* in Lake Rudolf using five mesh gill nets.  
*Symp. Hydrobiol. and Fish. Lake Rudolf*, 15 p. multigr.
- HOPSON (J.), 1969 - A preliminary study on the biology of *Alestes baremoze* in the Malamfatori area.  
*Ann. Rept. Malamfatori*, 66-67 : 51-83.
- HOPSON (J.), 1972 - Breeding and growth in two populations of *Alestes baremoze* (Joannis) (Pisces : Characidae) from the northern basin of Lake Chad.  
*Overseas Res. Publ.*, 20 : 50 p.
- HOPSON (J.), 1975 - Preliminary observations on the biology of *Alestes baremoze* (Joannis) in Lake Rudolf.  
*Symp. Hydrobiol. and Fish. Lake Rudolf*, 25 p. multigr.
- ILTIS (A.), 1973 - Le phytoplancton des mares natronées du Kanem.  
*Thèse Univ. Paris VI/ O.R.S.T.O.M.*, 300 p. multigr.
- IULEV (V.S.), 1966 - The biological productivity of waters.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 23, 11 : 1727-1759.
- JENSEN (K.W.), 1956 - Determination of age and growth of *Tilapia nilotica* L., *Tilapia galilaea* Art., *Tilapia zillii* Gerv., and *Lates niloticus* C. and V., by means of their scales.  
*K. norske vidensk. Selsk. Forh.*, 30 : 150-157.
- JOANNIS (I.de), 1835 - Observations sur les poissons du Nil et description de plusieurs espèces nouvelles suivies d'un tableau de toutes les espèces qui vivent dans ce fleuve.  
*Mag. Zool.*, IV : 9-11.
- KNIGHT (W.), 1968 - Asymptotic growth : an example of nonsense disguised as mathematics.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 25, 6 : 1303-1307.

- KOUASSI (N.), 1978 - Données écologiques et biologiques sur les populations d'*Alestes baremoze* (Joannis), poisson Characidae du lac de Kossou. Thèse Univ. Abidjan, 278 p. multigr.
- KRÜGER (F.), 1973 - Zur Mathematik des tierischen Wachstums. II - Vergleich einiger Wachstumsfunktionen. *Helgoländer Wiss. Meeresunters*, 25 : 509-550.
- LAGLER (K.F.), KAPETSKY (J.M.), STEWART (D.J.), 1971 - The fisheries of the Kafue river flats Zambia, in relation to the Kafue Gorge Dam. F1 : S.F./ZAM 11/T.R. 1, Univ. Michigan : Ann Arbor, 161 p.
- LAMARQUE (P.) et al., 1974 - Etude des conditions de la pêche à l'électricité dans les eaux tropicales. C.T.F.T. N.S.9 : 41-58.
- LASSERRE (G.), 1976 - Dynamique des populations ichtyologiques lagunaires. Application à *Sparus aurata* L. Thèse Univ. Montpellier, 306 p. multigr.
- LAUREC (A.), 1977 - Formulaire du modèle exponentiel de Ricker. In : Les modèles d'évaluation des stocks halieutiques. F.A.O.-FIRS/C 701 : 53-66.
- LAURENT (M.), MOREAU (G.), 1973 - Influence des facteurs écologiques sur le coefficient de condition d'un teleostéen (*Cottus gobio* L.). *Ann. Hydrobiol.*, 4, 2 : 211-228.
- LAUZANNE (L.), 1969 - Etude quantitative de la nutrition des *Alestes baremoze* (Pisces : Characidae). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, III, 2 : 15-27.
- LAUZANNE (L.), 1970 - La sélection des proies chez *Alestes baremoze* (Pisces : Characidae). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, IV, 1 : 71-76.
- LAUZANNE (L.), 1973 - Etude de la nutrition des *Alestes baremoze* (Pisces : Characidae). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, VII, 1 : 3-15.
- LAUZANNE (L.), 1975 - Régimes alimentaires d'*Hydrocyon forskalii* (Pisces : Characidae) dans le lac Tchad et ses tributaires. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, IX, 2 : 105-121.
- LAUZANNE (L.), 1977 - Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'alimentation des poissons du Tchad. Thèse Univ. Paris VI/O.R.S.T.O.M., 284 p. multigr.
- LECREN (E.D.), 1951 - The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20, 201-219 : 280 p.
- LECREN (E.D.), 1962 - The efficiency of reproduction and recruitment in fresh water fish. In : *The exploitation of natural animal populations*. (LeCren, Holgate ed.), Oxford, Blackwell : 283-296.
- LECREN (E.D.), 1972 - Fish production in fresh waters. In : *Conservation and productivity of natural waters*. Edwards R.W. and Garrod D.J. ed. Symp. Zool. Soc. London, 29 : 115-133.
- LE GUEN (J.-C.), 1971 - Dynamique des populations de *Pseudotolithus (Fonticulus) elongatus* (Bowd, 1825). Poissons Sciaenidae. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, IX, 1 : 3-84.



- LEMOALLE (J.), 1974 - L'énergie lumineuse et l'activité photosynthétique du phytoplancton dans le lac Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, VIII, 2 : 95-116.
- LEMOALLE (J.), 1976 - Eléments sur la température des eaux du lac Tchad à Bol.  
*O.R.S.T.O.M. N'Djamena*, 24 p. multigr.
- LEVEQUE (C.), 1972 - Mollusques benthiques du lac Tchad : écologie, production et bilans énergétiques.  
*Thèse Doct. Univ. Paris VI/O.R.S.T.O.M.*, 225 p. multigr.
- LEVEQUE (C.), DURAND (J.R.), ECOUTIN (J.M.), 1977 - Relation entre  $P/\bar{E}$ , longévité et âge moyen des populations en équilibre.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, XI, 2 : 17-31.
- LOUBENS (G.), 1969 - Etude de certains peuplements ichthyologiques par des pêches au poison. 1ère note.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, III, 2 : 45-73.
- LOUBENS (G.), 1970 - Etude de certains peuplements ichthyologiques par des pêches au poison. 2ème note.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, IV, 1 : 45-61.
- LOUBENS (G.), 1973 - Production de la pêche et peuplements ichthyologiques d'un bief du delta du Chari.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, VII, 3-4 : 209-233.
- LOUBENS (G.), 1974 - Quelques aspects de la biologie des *Lates niloticus* du Tchad.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, VIII, 1 : 3-21.
- MANN (M.J.), 1962 - Fish production and marketing from the nigerian shores of Lake Chad (60-61).  
*Fed. Fish. Serv. Lagos, Nigeria*, 50 p. multigr.
- MANN (K.H.), 1965 - Energy transformation by a population of fish in the River Thames.  
*J. Anim. Ecol.*, 34 : 253-275.
- MARCILLE (J.), 1978 - Dynamique des populations de crevettes Pénéides exploitées à Madagascar.  
*Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M.*, 165 p.
- MOK (M.), 1975 - Biométrie et biologie des *Schilbe* (Pisces : Siluriformes du bassin tchadien). 2ème partie.  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, IX, 1 : 33-60.
- MONOD (T.), 1928 - L'industrie des pêches au Cameroun.  
*Paris*, 504 p.
- NAWAR (G.), YOAKIM (E.G.), 1963 - A study on the fecundity of the Nile Characid. *Alestes baremoze* (Joannis, 1835).  
*Ann. Mag. Nat. Hist. G.-B.*, VI, 63 : 157-159.
- NAWAR (G.), YOAKIM (E.G.), 1964 - A study of fecundity of the Nile Schilbeidae, *Schilbe mystus* (Linnaeus, 1762).  
*Ann. Mag. Nat. Hist.*, VII, 73 : 1-4.
- ORSKA (J.), 1963 - The influence of temperature on the development of meristic characters of the skeleton in *Salmonidae*. II - Variations in dorsal and anal fin ray count correlated with temperature during the development of *Salmo trideus* Gibb.  
*Zoologica Poloniae*, 13, 1-2 : 49-76.

- PAUGY (D.), 1977 - Observations préliminaires sur la biologie des espèces du genre *Alestes*.  
*O.R.S.T.O.M. Bouaké*, 5 : 59 p. multigr.
- PAULIK (G.J.), BAYLIFF (W.H.), 1967 - A generalized computer program for the Ricker model of equilibrium yield per recruitment.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 24, 2 : 249-259.
- PAULIK (G.J.), GALES (L.E.), 1964 - Allometric growth and the Beverton and Holt yield equation.  
*Trans. Amer. Fish. Soc.*, 93, 4 : 369-381.
- PETR (T.), 1967 - Fish population changes in the Volta lake in Ghana during its first sixteen months.  
*Hydrobiologia*, 30, 2 : 193-220.
- PETR (T.), 1968 - The establishment of lacustrine fish population in the Volta lake in Ghana during 1964-1966.  
*Bull. I.F.A.N.*, XXX, 1 : 258-269.
- QUENSIERE (J.), 1976 - Influence de la sécheresse sur les pêcheries du delta du Chari (1971-1973).  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, x, 1 : 3-18.
- RAFAIL (S.Z.), 1971 - A new growth model for fishes and the estimation of optimum age of fish populations.  
*Mar. Biol.*, 10, 1 : 13-21.
- REGIER (H.A.), 1971 - Evaluation of fisheries resources in african fresh waters.  
*Afr. J. Trop. Hydrobiol. Fish.*, 1 : 69-83.
- REGIER (H.A.), ROBSON (D.S.), 1966 - Selectivity of gillnets, especially to lake whitefish.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 23 : 423-454.
- REIZER (C.), MATTEI (X.), CHEVALIER (J.L.), 1972 - Contribution à l'étude de la faune ichtyologique du bassin du fleuve Sénégal.  
*Bull. I.F.A.N.*, XXXIV A, 1 : 111-126.
- REYNOLDS (J.D.), 1973 - Biology and fisheries potential of four species of *Alestes* (Pisces : Characinidae) in the new Volta lake (Ghana).  
*R. Zool. Bot. Afr.*, 87, 2 : 298-310.
- RICHARDS (F.J.), 1959 - A flexible growth function for empirical use.  
*J. Exptl. Botany*, 1, 29 : 290-300.
- RICKER (W.E.), 1949 - Mortality rates en some little-exploited populations of freshwater fishes.  
*Trans. Am. Fish. Soc.*, 77 : 114-128.
- RICKER (W.E.), 1973 - Linear regressions in fishery research.  
*J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30, 3 : 409-434.
- RICKER (W.E.), 1975 - Computation and interpretation of biological statistics of fish populations.  
*Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 19, 1 : 382 p.
- ROCHE (M.A.), 1973 - Traçage naturel salin et isotopique des eaux du système hydrologique du lac Tchad.  
*Thèse, Paris*, 398 p. multigr.
- ROMAN (B.), 1966 - Les poissons des hauts bassins de la Volta.  
*Ann. Mus. Roy. Af. Centr.*, 150 : 191 p.

- SERVANT (M.), 1973 - Séquences continentales et variations climatiques. Evolution du bassin du Tchad au cénozoïque supérieur.  
*Thèse Univ. Paris VI/O.R.S.T.O.M. Paris*, 348 p. multigr.
- SIRCOULON (J.), 1976 - Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale. Comparaison avec les sécheresses "1913" et "1940".  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrol.*, XIII, 2 : 75-174.
- SRINN (K.Y.), 1976 - Biologie d'*Hydrocynus forskalii* (Pisces : Characidae) du bassin tchadien.  
*Thèse Spec. Univ. Toulouse*, 126 p. multigr.
- STAUCH (A.), 1977 - Fish production in the Lake Chad basin during the drought (1969-1976).  
*Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, XI,
- TILHO (J.), 1910 - Documents scientifiques de la mission Tilho (1906-1908).  
*Impr. Nat. Paris*, 3 volumes.
- TOMLINSON (P.K.), ABRAMSON (N.J.), 1961 - Fitting a Von Bertalanffy growth curve by least squares.  
*Calif. Dept. Fish and Game Fish. Bull.*, 116, 69 p.
- TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY (P.) et al., 1969a - Monographie hydrologique du lac Tchad.  
*C.I.E.H. Paris*, 169 p.
- TOUCHEBEUF DE LUSSIGNY (P.), 1969b - Complément à la monographie du lac Tchad. Note hydrologique sur les tributaires secondaires : l'El Beïd et la Komadougou-Yobé.  
*O.R.S.T.O.M. Paris*, 57 p.
- VERBEKE (J.), 1959 - Recherches écologiques sur la faune des grands lacs de l'est du Congo belge.  
*Res. Sci. Explor. Hydrobiol. Kivu/Edouard/Albert*, 3, 1 :
- WALFORD (L.A.), 1946 - A new graphic method of describing the growth of animals.  
*Biol. Bull.*, 90, 2 : 141-147.
- WINBERG (G.G.), 1962 - The energy principle in studying food relations and productivity of ecological systems.  
*Zool. Zh.*, 41, 11 : 1618-1630.
- WINBERG (G.G.), 1971 - Methods for the estimation of production of aquatic animals.  
*Academic Press, London and New York*, 175 p.
- WORTHINGTON (E.B.), 1929 - A report on the fishing survey of Lakes Albert and Kioga, March to July 1928.  
*Crown Agents, London*,

## *TABLE DES MATIÈRES*

Avant-propos

### *INTRODUCTION*

Systématique	6
Zoogéographie	8

### *CHAPITRE I LE MILIEU*

1. Le cadre général	14
2. Le système fluvial	20
2.1 Le Chari	
2.2 Le Logone	
2.3 Les milieux temporaires	
2.31 La grande plaine	
2.32 Les rivières El Beïd et Yobé	
3. Le lac Tchad	31
3.1 Le contexte hydrologique	
3.2 Régions naturelles du lac	
3.21 Paysages du lac moyen	
3.22 Evolution et assèchement	
3.3 Physico-chimie des eaux	
3.31 Transparence	
3.32 Salure des eaux	
4. Diversité des biotopes et facteurs de répartition	44

## *CHAPITRE II PECHEES ET ECHANTILLONNAGE*

1.	Les pêcheries	48
	1.1 Cuvette nord du lac	
	1.2 Cuvette sud du lac	
	1.3 Le Chari, du delta au confluent	
	1.4 Le Logone et le Chari au dessus du confluent	
	1.5 Les zones inondées	
2.	Echantillonnage	56
	2.1 Pêches au poison	
	2.2 Filets triangulaires de l'El Beïd	
	2.3 Senne de rivage	
	2.4 Filets maillants	
3.	Stations et données	75

## *CHAPITRE III REPRODUCTION ET DEVELOPPEMENT LARVAIRE*

1.	La sexualité	79
	1.1 Distinction des sexes	
	1.2 Tailles et âges de maturité sexuelle	
	1.21 Dans les fleuves	
	1.22 Dans l'archipel sud-est	
	1.23 Discussion	
	1.3 Sex-ratio	
2.	La reproduction	88
	2.1 Echelles de maturation	
	2.11 Femelles	
	2.12 Mâles	
	2.2 Cycle de maturation des gonades.	
	Lieux et époques de fraie	
	2.21 Mâles	
	2.22 Femelles	
	2.221 Système fluvial	
	2.222 Archipel sud-est	
	2.23 Comparaison avec la cuvette nord du lac	
	2.3 Fécondité	

3.	Fraie et développement larvaire	103
3.1	Modalités de la fraie	
3.2	Développement larvaire	
3.21	Elevage	
3.22	Développement larvaire	
3.23	Croissance embryonnaire et larvaire	
4.	Discussion et conclusions	110
4.1	Tailles de maturité sexuelle	
4.2	Factures de la reproduction	
4.3	Fécondité	

#### CHAPITRE IV ALIMENTATION ET CONDITION

1.	Alimentation	113
1.1	Les sources de nourriture	
1.2	Efficacité des transferts	
2.	Condition	116
2.1	Immatures	
2.2	Prématures	
2.3	Adultes	
2.31	Système fluvial	
2.32	Archipel sud-est	
2.4	Conclusions	
2.41	Cycle général de condition	
2.42	Interprétation	

#### CHAPITRE V POPULATIONS ET MIGRATIONS

1.	Variabilité du nombre de rayons à l'anale ( $\bar{r}$ )	136
1.1	Normalité de la distribution	
1.2	Nombre de rayons et sexe	
1.3	Nombre de rayons et taille	
1.31	Immatures et prématures	
1.32	Adultes	
2.	Utilisation de la distance au premier annulus ( $\bar{D}_1$ )	145

3.	Résultats	147
3.1	Le réseau fluvial	
3.2	La zone deltaïque	
3.3	Cuvette sud du lac	
3.4	Cuvette nord du lac	
4.	Discussion et conclusions	160
4.1	Origine de la variabilité de $\bar{r}$	
4.2	Populations et migrations (1966-1970)	

*CHAPITRE VI APERCUS SUR L'EVOLUTION DU STOCK  
D'ALESTES BAREMOZE ENTRE 1966 et 1976*

1.	Evolution des structures de tailles et des prises par unité d'effort	168
1.1	Structures de taille (Senne de rivage)	
1.11	Evolution des tailles dans le système fluvial	
1.12	Evolution des tailles dans l'archipel sud-est	
1.2	Evolutions des prises par unité d'effort des filets maillants	
1.21	Système fluvial	
1.211	Le système fluvial en 1966-67	
1.212	Le delta de 1971 à 1974	
1.22	Archipel sud-est	
1.23	Cuvette nord du lac	
1.3	Discussion	
2.	Evolution des captures totales (1969-1977)	184
2.1	Circuits de commercialisation du poisson séché	
2.2	Résultats	
2.3	Estimation des captures réelles d' <i>Alestes baremoze</i>	
3.	Essai d'interprétation	193

## CHAPITRE VII CROISSANCE

1.	Modèles et méthodes	200
1.1	Le modèle de Von Bertalanffy	
1.2	Détermination des courbes de croissance	
1.21	Méthode de Ford-Walford (1946)	
1.22	Méthode de Tomlinson-Abramson (1961)	
2.	Croissance en longueur	207
2.1	Les écailles	
2.11	Méthodes d'étude	
2.12	Les annuli	
2.13	Epoques et durées des arrêts de croissance	
2.131	Chez les jeunes	
2.1311	Système fluvial	
2.1312	Archipel sud-est	
2.132	Chez les adultes	
2.133	Interprétation	
2.2	Résultats	
2.21	Scalimétrie	
2.211	Relations entre taille de l'écaille et taille du poisson	
2.212	Croissance d'après rétrocalcul et Ford-Walford	
2.22	Méthode de Tomlinson-Abramson	
2.3	Discussion	
2.31	Structures de taille	
2.32	Choix des meilleures estimations	
3.	Croissance pondérale	243
3.1	Relations longueur-poids	
3.11	Méthodes	
3.12	Résultats	
3.2	Croissance pondérale	
4.	Conclusions	



### *CHAPITRE VIII MORTALITES*

1.	Généralités	261
2.	Estimation de Z	263
	2.1 Méthodes	
	2.2 Résultats	
3.	Conclusions	271

### *CHAPITRE IX PRODUCTION ET CAPTURES*

1.	Production de la population et rapport $P/\bar{B}$	276
	1.1 Méthodes	
	1.2 Résultats	
2.	Equations de rendement	285
	2.1 Les modèles utilisés	
	2.2 Résultats	
	2.21 Diagrammes généraux	
	2.22 L'exploitation des stocks d' <i>A. baremoze</i>	290
	2.221 L'exploitation entre 1966 et 1971	
	2.222 Impact des captures de juvéniles	
	2.223 Fécondité du stock	
	2.3 Discussion et conclusions	

### *CONCLUSIONS GENERALES* 307

1.	Les méthodes
2.	Biologie
3.	Production et exploitation
4.	Perspectives

REFERENCES	316
------------	-----

*Les Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer tendent à constituer une documentation scientifique de base sur les zones intertropicales et méditerranéennes, les pays qui en font partie et sur les problèmes posés par leur développement.*

#### **CAHIERS ORSTOM** (séries périodiques)

- **biologie**: études consacrées à diverses branches de la biologie végétale et animale: agronomie, biologie et amélioration des plantes utiles, entomologie agricole, nématologie.
- **entomologie médicale et parasitologie**: systématique et biologie des arthropodes d'intérêt médical et vétérinaire, parasitologie, épidémiologie des grandes endémies tropicales, méthodes de lutte contre les vecteurs et les nuisances.
- **géologie**: pétrologie et cycles des éléments (géochimie) - hydrogéologie - altération et érosion - sédimentologie - stratigraphie - orogénèse continentale - métallogenèse - paléogéographie - structure et évolution des fonds océaniques.
- **hydrologie**: études, méthodes d'observation et d'exploitation des données concernant les cours d'eau intertropicaux et leurs régimes.
- **océanographie**: hydrologie, physico-chimie, hydrodynamique, écologie, caractérisation des chaînes alimentaires, niveaux de production, dynamique des stocks, prospection faunistique (Sud-ouest Pacifique, Canal de Mozambique et environs, Atlantique Tropical Est).
- **hydrobiologie**: physico-chimie, écologie, caractérisation des chaînes alimentaires, dynamique des stocks, action des insecticides sur la faune (Bassin Tchadien, Côte d'Ivoire).
- **pédologie**: problèmes soulevés par l'étude des sols: morphologie, caractérisation physico-chimique et minéralogique, classification, relations entre sols et géomorphologie, problèmes liés aux sels, à l'eau, à l'érosion, à la fertilité.
- **sciences humaines**: études géographiques, sociologiques, économiques, démographiques et ethnologiques.

**MÉMOIRES ORSTOM**: consacrés aux études approfondies (synthèses régionales, thèses...) dans les diverses disciplines scientifiques ( 87 titres parus).

**ANNALES HYDROLOGIQUES**: depuis 1959, deux séries sont consacrées: l'une, aux Etats africains d'expression française et à Madagascar, l'autre aux Territoires et Départements français d'Outre-Mer.

**FAUNE TROPICALE**: collection d'ouvrages principalement de systématique, pouvant couvrir tous les domaines géographiques où l'ORSTOM exerce ses activités ( 35 titres parus).

**INITIATIONS/DOCUMENTATIONS TECHNIQUES**: mises au point et synthèses au niveau, soit de l'enseignement supérieur, soit d'une vulgarisation scientifiquement sûre ( 82 titres parus).

**TRAVAUX ET DOCUMENTS DE L'ORSTOM**: cette collection, diverse dans ses aspects et ses possibilités de diffusion, a été conçue pour s'adapter à des textes scientifiques ou techniques très variés quant à leur origine, leur nature, leur portée dans le temps ou l'espace, ou par leur degré de spécialisation (66 titres parus).

Les études en matière de géophysique (gravimétrie, sismologie, magnétisme...) sont publiées, ainsi que certaines données (magnétisme) dans des séries spéciales: **GÉOPHYSIQUE** et **OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES**.

**L'HOMME D'OUTRE-MER**: cette collection, exclusivement consacrée aux sciences de l'homme, est réservée à des textes d'auteurs n'appartenant pas à l'ORSTOM, mais dont celui-ci assure la valeur scientifique (co-édition Berger-Levrault) (10 ouvrages parus).

De nombreuses **CARTES THÉMATIQUES**, accompagnées de **NOTICES**, sont éditées chaque année, intéressant des domaines scientifiques ou des régions géographiques très variées.

**BULLETIN ANALYTIQUE D'ENTOMOLOGIE MÉDICALE ET VÉTÉRINAIRE** (périodicité mensuelle; ancienne dénomination jusqu'en 1970: Bulletin signalétique d'entomologie médicale et vétérinaire) (XXV<sup>e</sup> année).

**OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER**

*Direction générale :*

24, rue Bayard - 75008 PARIS

*Service des Publications :*

70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY

---

O.R.S.T.O.M. Éditeur  
Dépôt légal : 4<sup>e</sup> trim. 1978  
I.S.B.N. : 2-7099-0539-6